V·D·I

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS

BAND 69 I

NEUNUNDSECHZIGSTER JAHRGANG

ERSTES HALBJAHR

1925

MIT
RUND 2000
ABBILDUNGEN IM TEXT
5 TAFELN UND 6 TEXTBLÄTTERN

ZUGLEICH AUSZUG AUS DEN VDI-NACHRICHTEN
ERSTES HALBJAHR

VDI-VERLAG G.M.B.H. • BERLIN SW 19

Namenverzeichnis

* bedeutet Abbildung im Text.

1. Mit Namen der Verfasser versehene Aufsätze, Vorträge und dergl.

2. Literatur und besprochene Werke.

3. Zuschriften an die Redaktion.

Sachverzeichnis

(* = Abbildung im Text; B = Besprechung von Büchern; Z = Zuschriften an die Redaktion.)

Berichtigungen.

V. d. I.

Angelegenheiten des Vereins.

Tafelverzeichnis

Textblattverzeichnis

Inhalt der im ersten Halbjahr 1925 herausgegebenen

Forschungsarbeiten

VDI-Nachrichten

Aus dem Inhalt der Nummern 1 bis 26.

In Anbetracht der großen Zahl der einzelnen Beiträge und Mitteilungen in den VDI-Nachrichten kann im Nachstehenden nur ein Teil der Beiträge nachgewiesen werden.

* bedeutet Abb. im Text. Beil. bedeutet Aufsatz in einer Fachbeilage.

Fachbeilagen.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

NR. 1 SONNABEND, 3. JANUAR 1925 BD. 69

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 28.

Die Vergasung von Rohbraunkohlen.

Von Prof. Dr. A. Loschge, München.

Kurze Besprechung der bisher vorliegenden Versuchsarbeiten. — Eingehende Behandlung von neuen Versuchen mit gebrochener, ungesiebter, lignitischer Rohbraunkohle an einer Heller-Gaserzeugeranlage in Schwandorf, die den einwandfreien Nachweis für die Vergasungsfähigkeit dieser Kohle und für die Brauchbarkeit des Heller-Gaserzeugers zur Erzielung eines guten Gases in diesem Fall ergaben.

Bisherige Versuche.

Die Erzeugung von Kraft- und Heizgas aus Rohbraunkohlen stellt eine Aufgabe dar, die seit Jahrzehnten von vielen Ingenieuren und Chemikern zu lösen versucht worden ist. Es muß zugegeben werden, daß es an einigen Stellen unter günstigen Verhältnissen gelungen ist, das angestrebte Ziel in befriedigender Weise zu erreichen. Doch steht anderseits auch fest, daß ein unbedingt zuverlässiger und ein unter allen Verhältnissen gangbarer Weg für die Herstellung von Gas aus Rohbraunkohlen bis jetzt noch nicht gefunden ist, da in Fachkreisen von Mißerfolgen und schweren Enttäuschungen an zahlreichen Orten berichtet wird. Der Stand der Technik auf diesem Gebiete ist, wie aus der Literatur[1]) deutlich ersehen werden kann, derart, daß man die Rohbraunkohlen vor allem nur dann günstig verarbeiten kann, wenn die Kohlen nicht mehr als etwa 30 vH Feingehalt aufweisen. Lignitische Kohlen mit ihrer Holzstruktur genügen wohl meist dieser Vorbedingung, so daß bei ihnen am meisten Aussicht auf Erreichung eines einwandfreien Betriebes gegeben ist. Bei den erdigen, stark zerfallenen Braunkohlen aber wird es in der Regel geboten sein, nur abgesiebte Kohlen der Vergasung zuzuführen. Weitere Schwierigkeiten können bei der Vergasung dann noch durch übermäßigen Feuchtigkeitsgehalt der Kohlen und durch ungünstige Eigenschaften der Kohlenrückstände, der Asche und Schlacke, entstehen. Hoher Wassergehalt vermindert nach Müller die Höhe der wirksamen Glühzone; leichtflüssige, vor allem eisen- und kalkhaltige[2]) Rückstände verschlacken den Gaserzeuger und bedingen u. U. ein unerträgliches Maß an Bedienungsarbeit.

Einiges über bewährte Gaserzeugerbauarten für Rohbraunkohlen und über Betriebsergebnisse, die an solchen gewonnen wurden, findet sich in dem Buche „Kraftgas" von Fischer-Gwodsz[3]). Als einschlägige Veröffentlichungen sind ferner zu nennen die Arbeiten von Trenkler („Spars. Wärmewirtschaft" Heft 1 und Z. Bd. 65 (1921) S. 367) und der Vortrag von Arnemann auf dem Braunkohlenindustrietag 1922 in Halle (s. „Braunkohle" Bd. 21 (1922) Heft 5 und 6), welche ebenfalls die Forderung vertreten, daß man kein mulmiges, sondern nur ein einigermaßen stückiges Material verarbeiten sollte. Bemerkenswert ist ferner der Bericht von Dubois und Müller über Vergasungsversuche mit Vortrocknung (Z. Bd. 66 (1922) S. 821), worin sich gleichfalls die Feststellung findet, daß Stückigkeit und Wassergehalt die Vergasung der Rohbraunkohlen sehr beeinflussen.

Wertvolle Aufschlüsse sind endlich noch der Arbeit von Hilliger und Wurm (s. Forschungsheft 243) zu verdanken, die im Auftrage der früheren Kriegsschmieröl-Gesellschaft Vergleichversuche mit mehreren Rohbraunkohlensorten und mit Briketts an einem Heller-Gaserzeuger angestellt haben. Der Zweck dieser Versuche war, Schmieröl aus heimischen Rohstoffen zu erhalten, weshalb hier insbesondere stark teerhaltige Rohbraunkohlen, sogenannte Schwelkohlen mit 10 und mehr vH Teergehalt, verarbeitet wurden.

Wie man aus Zahlentafel 1, die die wichtigsten Meßwerte enthält, entnehmen kann, lag der Heizwert der von Hilliger und Wurm besonders eingehend geprüften drei Braunkohlensorten zwischen 2330 und 2850 kcal; er war also durchweg recht hoch. Dies zusammen mit dem Umstand, daß die Kohlen sämtlich gutartige Asche und

Zahlentafel 1.
Versuchsergebnisse von Hilliger und Wurm.

	Förderkohle Alwiner Verein, Bruckdorf	Lausitzer Lignit aus Plessa	Förderkohle aus Nietleben	Briketts Alwiner Verein, Bruckdorf
Wassergehalt der Kohle . . . . . vH	56,0	52,0	48,3	19,0
Teergehalt (nach d. Schwelanalyse) . „	10,5	1,5	11,0	13,0
Unterer Heizwert der Kohle . kcal/kg	2375	2331	2854	4665
Schachtleistung des Gaserzeugers kg/m²/h	250	323	312	281
Gehalt des trockenen Gases:				
an Kohlensäure vH	9,5	9,0	6,5	5,8
„ Kohlenoxyd . „	18,8	21,2	26,7	21,9
„ Wasserstoff . „	5,7	13,5	8,6	14,6
„ Methan . . . „	3,6	2,3	4,8	2,2
Unterer Heizwert d. trockenen Gases (berechnet) . kcal/m³	1026	1186	1087	1598
Winddruck vor dem Gaserzeuger mm WS.	[illegible]03	150	150	40
Teerausbeute, bezg. auf den Teergehalt der Schwelanalyse . . . . . vH	27,5	—	49,6	63,5
Stündlicher Wärmeumsatz, bezogen auf unteren Heizwert . . . . . kcal/h	594 000	758 000	890 000	1 310 000
Gaserzeuger-Wirkungsgrad, bezogen auf unteren Heizwert (mit Teerwärme) . . vH	65,8	75,4	76,2	91,5

[1]) s. Dr. Müller, „Wärme" Bd. 46, 6. April 1923.
[2]) Münzinger, Leistungssteigerung von Großdampfkesseln, S. 43. Julius Springer.
[3]) Leipzig 1921, Otto Spamer.

diese nur in geringer Menge, nämlich zwischen 7,8 und 6,4 vH enthielten, berechtigt zu dem Schlusse, daß es sich hier um verhältnismäßig gute Rohbraunkohlen handelte. Das erzeugte Gas hatte günstige Kohlensäurewerte (6,5 bis 9,5 vH) und recht gute Heizwerte (1026 bis 1186 kcal). Der Versuch mit Briketts ergab ein außerordentlich heizkräftiges Gas mit einem Heizwert von rd. 1600 kcal. Der stündliche Wärmeumsatz des Heller-Gaserzeugers blieb aber bei den Rohbraunkohlen erheblich hinter demjenigen für Briketts zurück; man erreichte bei ersteren nur 40 bis 75 vH der bei Briketts erhaltenen Wärmeleistung. Bemerkenswert ist, daß bei den vorerwähnten Versuchen mit Rohbraunkohlen Wasserdampf nicht eingeblasen wurde, woraus sich der verhältnismäßig niedrige Wert des Wasserstoffes im Gase bei den Kohlensorten 1 und 3 erklärt.

Hilliger und Wurm kommen zu dem Schlusse, daß entscheidend für die Vergasbarkeit einer Rohbraunkohlensorte das Verhalten der Asche ist, da eine Verhinderung der Verschlackung durch Zusatz von Wasserdampf im allgemeinen bei Rohbraunkohlen wegen des geringen Heizwertes nicht möglich ist. Mit Recht weisen die beiden Verfasser darauf hin, daß bei Kohlen mit geringem Wassergehalte: bei Briketts und auch bei getrockneten Rohkohlen, die Dinge ganz anders liegen, da hier wegen des höheren Brennstoffheizwertes Wasserdampf zur Vermeidung der Schlackenbildung ohne weiteres in ausreichendem Maße zugesetzt werden kann. Es kann somit nach Hilliger und Wurm der Fall eintreten, daß eine bestimmte Kohlensorte in Form von Briketts vergast werden kann, trotzdem sie sich als Rohbraunkohle wegen zu starker Schlackenbildung im Gaserzeuger nicht verwenden läßt.

Abb. 1 bis 3. Gaserzeuger für Rohbraunkohle, Bauart Heller.

Neue Versuche in Schwandorf.

Weitere Aufklärungen über das Verhalten der Rohbraunkohlen im Gaserzeuger und über die Eignung des Heller-Gaserzeugers für die vorgenannten Kohlen konnte bei Versuchen gewonnen werden, die in letzter Zeit auf

Abb. 4. Teergewinnungsanlage aus Rohbraunkohlen-Generatorgas nach Teichmann.

a Rohgas-Sammelleitung
b Gebläse für Rohgas
c Teerpumpe
d Teerbehälter
e Abzweig zur Teerverladung
f Teerabscheider mit Raschig-Ringen
g Teerbehälter
h Wasserpumpe
i Warmwasserbehälter
k Wasserabscheider mit Raschig-Ringen
l Frischluft
m Wasser-Rückkühler mit Raschig-Ringen
n Warmluft ins Freie
o Reingasleitung
p Frischluftgebläse.

der Grube Wackersdorf der Braunkohlen-Industrie A.-G. in Schwandorf (Bayern) ausgeführt wurden. Mit Wackersdorfer Rohbraunkohlen sind im Laufe der Jahre zahlreiche Gaserzeuger versuchsweise betrieben worden (s. hierzu „Kraftgas" von Fischer-Gwodsz, S. 242). Man hat sich dann auf Grund dieser mit rühmenswerter Energie betriebenen Versuche, die zum großen Teil ungünstige Ergebnisse geliefert haben, zuletzt entschlossen, eine Heller-Gaserzeugeranlage, Abb. 1 bis 3, aufzustellen. Diese Anlage, die mit einer solchen für Teergewinnung, Abb. 4, nach Dr. Teichmann ausgerüstet ist, lieferte das Gas anfänglich in eine Dampfkesselfeuerung; neuerdings wird das gewonnene Gas mit Erfolg zum Betriebe einer Deutzer Gasmaschine von 400 kW benutzt.

Die Wackersdorfer lignitische Kohle, deren Zusammensetzung aus Zahlentafel 2 ersichtlich ist, weist vorteilhafterweise selbst in ungesiebter Form nur einen geringen Feingehalt, etwa 20 bis 30 vH, auf; ungünstig ist dagegen das Verhalten der eisenhaltigen Schlacke. Bei den Untersuchungen wurde die Kohle in gebrochenem, ungesiebtem Zustande verwendet.

Zu Beginn der Versuche wurde an Stelle der bis dahin gebrauchten Luftzuführung mit Dampfstrahlgebläse eine solche mit Ventilator eingerichtet. Man erreichte damit den großen Vorteil, daß man jetzt Luft und Dampf in voneinander unabhängigen Mengen einführen kann, während bisher diese beiden Stoffe stets in einem durch den Strahlsauger bestimmten, nicht regelbaren Verhältnis

Zahlentafel 2. Durchschnittliche Zusammensetzung der Wackersdorfer Rohbraunkohlen.

C	=	23,9 vH
H	=	2,2 „
S	=	1,0 „
N	=	0,5 „
O	=	9,8 „
Asche	=	7,7 „
Wasser	=	54,9 „

standen. Es wurden im ganzen 6 vierundzwanzigstündige Versuche in 2 Abschnitten durchgeführt. Die ersten 4 Versuche waren zur Aufklärung des Verhaltens der Gaserzeugeranlage bestimmt, während die letzten beiden Versuche mehr zur Prüfung der Gasmaschine dienten.

Ergebnisse. Beim Versuch 1, Zahlentafel 3, wurde ohne Wasserdampfzusatz gearbeitet. Dies Verfahren erwies sich aber wegen der ungünstigen Einwirkung auf die Schlacke als unverwendbar für den Dauerbetrieb, wenn es auch mit Gewinn für das Anfahren und Hochheizen der Gaserzeuger gebraucht werden kann. Versuch 2 wurde mit mäßigem Wasserdampfzusatz (etwa 0,097 kg auf 1 kg Rohkohle oder 0,45 kg auf 1 kg C), Versuch 3 mit ein wenig größerem Zusatz (0,114 kg bzw. 0,50 kg) durchgeführt. Man fand dabei, daß rd. 7 bis 10 vH Wasserdampfzusatz, bezogen auf die Rohkohle, die günstigsten Betriebsverhältnisse für den Erzeuger liefert. Bei Versuch 2 wurde so ein verhältnismäßig reiches Gas mit einem Heizwerte von 1290 kcal/m³ erhalten, obwohl am Versuchtage der Brennstoffheizwert im Durchschnitte ziemlich niedrig, nur auf rd. 1800 kcal/kg, lag. Versuch 3 ließ deutlich erkennen, daß man mit dem dabei eingestellten größeren Wasserdampfzusatz (11,4 vH) schon über den günstigsten Wert hinausgekommen war, wenn auch das Gas im Durchschnitt infolge seines höheren Methangehaltes dem beim zweiten Versuch erhaltenen fast nicht nachstehend. Ein vierter Versuch, bestehend aus 3 Teilversuchen, wurde dann so angestellt, daß man einen Teil des Wasserdampfes durch Rauchgase ersetzte, also ein Verfahren anwandte, das in einer ebenfalls mit Wackersdorfer Rohbraunkohle arbeitenden Heller-Gaserzeugeranlage in Regensburg seit längerer Zeit mit Erfolg benutzt wird und bekanntlich auch schon früher in Amerika Anwendung gefunden hat (s. Fischer-Gwodsz, S. 124). Leider mußten in Wackersdorf die aus einer Kesselanlage stammenden Rauchgase sehr weit herangeholt werden, so daß sie zu kalt an den Gaserzeugern ankamen und man deshalb hier nicht wie in Regensburg ganz ohne Wasserdampfzusatz arbeiten konnte. Der Heizwert des bei diesem vierten Versuche gewonnenen Gases war merklich geringer (nur rd. 1100 kcal/m³) als bei den Versuchen 2 und 3 mit reinem Wasserdampfbetrieb, wenn auch der Wirkungsgrad nahezu keine Einbuße zeigte. Die Versuche 4 a und 4 b mit hoher Rauchgasbeimengung (2 vH) ergaben übrigens keine befriedigenden Arbeitsverhältnisse für den Gaserzeuger. Ein gutes und einwandfreies Arbeiten des Gaserzeugers wurde erst dann erzielt, als man bei Versuch 4 c sich mit einem geringeren Rauchgaszusatz (1 vH) begnügte. Man muß sich dieses Verhalten wohl so erklären, daß man bei Verwendung eines zu großen Rauchgasanteiles dem Gaserzeuger zu wenig Sauerstoff zuführt, wodurch dieser zu kalt wird. Zu Zahlentafel 3 muß noch bemerkt werden, daß die Ermittlung des Gasheizwertes bei allen Versuchen auf zweifache Weise erfolgte. Man benutzte einerseits die Ergebnisse der Gasanalyse zur rechnerischen Bestimmung des Gasheizwertes; anderseits wurde der Heizwert auch unmittelbar durch Versuch mit einem Union-Kalorimeter gemessen, das sich, vor allem nach dem Einbau einer Mischvorrichtung, ausgezeichnet bewährt hat. Die Versuchsergebnisse wurden ferner dazu benutzt, den Zersetzungsgrad[1]) des mit der Luft eingebrachten Wasserdampfes zu berechnen. Abb. 5 zeigt, wie dieser Zersetzungsgrad mit erhöhter Wasserdampfzufuhr sinkt.

Abb. 5. Zersetzungsgrad des Wasserdampfes.

Die unter Benutzung des Vergasungstrapezes von Ostwald[2]) angefertigten Abb. 6 und 7 veranschaulichen deutlich das Verhalten des Gaserzeugers unter den ver-

[1]) Trenkler, Z. Bd. 62 (1918) S. 67.
[2]) s. hierzu Z. Bd. 65 (1921) S. 789.

Zahlentafel 3. Versuchsergebnisse für die Heller-Gaserzeuger Schwandorf.

Versuch Nr	1 ohne Wasserdampf	2 mit mäßig Wasserdampf	3 mit viel Wasserdampf	4 a mit mäßig Wasserdampf und viel CO_2	4 b mit wenig Wasserdampf und viel CO_2	4 c mit wenig Wasserdampf und wenig CO_2
Unterer Heizwert der Kohle . . . . . kcal/kg	2005	1795	1905	1810	1810	1810
Schachtleistung des Gaserzeugers . . kg/m² h	172	179	248	220	223	272
Gehalt des Gases an Kohlensäure CO_2 . . vH	8,5	9,5	10,1	12,1	11,4	10,0
an Kohlenoxyd CO . . . . „	21,1	18,9	17,4	15,1	13,4	18,7
„ Wasserstoff H_2 . . . . „	11,3	15,3	14,8	12,5	10,0	12,4
„ Methan CH_4 . . . . „	2,9	3,8	4,4	2,9	4,5	2,6
Unterer Heizwert des Gases (berechnet) kcal/m³	1174	1289	1286	1031	1101	1111
Winddruck vor dem Gaserzeuger . mm WS	36	35	27	20	19	33
Stündlicher Wärmeumsatz, bezogen auf unteren Heizwert . . . . . . kcal/h	385 000	371 000	547 000	454 000	455 000	556 000
Gaserzeuger-Wirkungsgrad, bezogen auf unteren Heizwert (mit Teerwärme) vH	70,2	71,4	75,0	67,6	75,4	72,3

schiedenen **Arbeitsbedingungen**. Aus Abb. 6, welche die Durchschnittswerte für die sämtlichen Versuche enthält, ist zu ersehen, daß Versuch 2 zweifellos das beste Ergebnis lieferte und daß alle anderen Versuchsbedingungen dem Arbeitszustande des Versuches 2 entschieden nachstehen. Man muß freilich dabei beachten, daß das hier verwendete Vergasungstrapez nur den Gehalt des Gases an CO_2, an CO und H_2, aber nicht den Gehalt an CH_4 berücksichtigt. Der höhere Methangehalt ist aber, wie schon oben besprochen, die Ursache dafür, daß das Gas des Versuches 3 hinsichtlich Heizwertes doch fast gleichwertig mit demjenigen des Versuches 2 ist, obwohl das erstere Gas nach der besprochenen Darstellung der Vergasungsergebnisse im Trapeze (s. Abb. 5) als geringwertiger eingeschätzt werden muß. Abb. 7 gibt die Versuchzahlen wieder, die während des günstigsten Versuches 2 durch Analysieren in regelmäßigen Zeitabständen gewonnen wurden. Die Gaspunkte, die man während des Versuches zu verschiedenen Zeiten fand, fallen danach nicht zusammen; sie liegen verstreut in einem Flächenstreifen von annähernd elliptischer Form. Es sind Punkte darunter (bestätigt mit dem Union-Kalorimeter), die sogar einem Heizwert von 1500 kcal entsprechen. Der bei diesem Versuche beobachtete Mindestwert betrug, was sehr bemerkenswert ist, fast 1200 kcal. Nach den Beobachtungen, die hier gemacht werden konnten, zeigen die Gaserzeuger übrigens eine außergewöhnlich günstige Eigenschaft. Ist ein Erzeuger einmal in einen schlechteren Betriebszustand geraten, so tritt in kurzer Zeit **von selbst** eine Verbesserung der Arbeitsweise ein, vorausgesetzt natürlich, daß man die Luft- und die Dampfzufuhr richtig abgestimmt hat. Man muß dies wohl darauf zurückführen, daß bei einem schlechten Betriebzustand ein Gas mit großem Gehalte an CO_2 und damit eine viel stärkere fühlbare Wärme entwickelt wird. Die fühlbare Wärme, die einen Wärmeüberschuß darstellt, ruft aber sofort eine Heraufsetzung der Gaserzeugertemperatur, eine Verstärkung der Glühzone und im Gefolge davon eine Verbesserung des Gases hervor. Eine plötzliche Verschlechterung des Erzeugers im regelmäßigen Betriebe braucht deshalb in der Regel nicht bedenklich zu stimmen.

Abb. 6. Vergasung von Wackersdorfer Rohbraunkohlen im Heller-Gaserzeuger. Ergebnis verschiedener Versuche.

Abb. 7. Vergasung von Wackersdorfer Rohbraunkohlen. Ergebnisse während eines Versuchs mit unveränderlicher Belastung.

In Abb. 8, die ebenfalls das Ostwaldsche Trapez verwendet, sind zum **Vergleiche** die hier besprochenen Schwandorfer Versuchsergebnisse, dann die Versuchswerte von Hilliger-Wurm mit Förderkohle aus Nietleben und außerdem noch solche eingetragen, die Dr. **Roser** an einem mit hochwertiger Steinkohle beschickten Thyssen-Drehrostgaserzeuger für verschieden große Wasserdampfmengen festgestellt hat. Der Vergleich läßt erkennen, daß das von Hilliger bei seinen Versuchen erhaltene Gas fast in allen Fällen hinsichtlich Heizwertes dem in Wackersdorf gewonnenen Gas nachstehen muß, da die den Hilliger-Versuchen entsprechenden Punkte meist weiter ab von der Neutrokalore und näher der Verbrennungsecke „A" (s. Abb. 8) zu gelegen sind. Es ist dies zum Teil, wie schon oben besprochen, dadurch verständlich, daß Hilliger und Wurm ohne Wasserdampfzusatz gearbeitet haben, was sowohl der Güte des Gases als auch vermutlich der Teergewinnung abträglich ist. Vergleicht man die Roserschen Punkte für hochwertige Steinkohle (×) mit den Schwandorfer Punkten für Rohbraunkohle, so geht aus dem verschiedenartigen Verlaufe der entsprechenden Kurven mit aller Deutlichkeit hervor, wie man bei Steinkohle in außerordentlich weiten Grenzen fast ohne Einbuße an Gasheizwert und Wirkungsgrad den Erzeuger beliebig einstellen kann und wie eng begrenzt dagegen der zulässige Arbeitsbereich bei Rohbraunkohle ist. Für die letztgenannte Kohle setzen nach der Luftgasecke *D* hin Schlackenschwierigkeiten und Abfallen des Wirkungsgrades und des Heizungswertes rasch eine „obere" Grenze; nach der Wassergasecke *E* hin beschränkt neben einer Verminderung des Wirkungsgrades die Gefahr des Kaltblasens des Erzeugers den Regel- und Arbeitsbereich nach unten. Man kann daraus der Rohbraunkohle keinen Vorwurf machen; der niedrige Heizwert der Braunkohle verlangt eben gebieterisch, daß man beim Betriebe des Gaserzeugers von der durch den Heizwert bedingten geringeren Überschußwärme möglichst guten und richtigen Gebrauch macht. Auf Grund der vorstehend geschilderten Ergebnisse hat man sich in Schwandorf entschlossen, für den praktischen Gebrauch nicht auf Rauchgaszusatz überzugehen, sondern hierfür den Wasserdampfbetrieb mit rd. 8 vH Zusatz einzuführen[1]).

Zahlentafel 4 und das Sankey-Diagramm, Abb. 9, veranschaulichen die Wärmebilanz für den günstigsten Versuch 2. Zum Vergleiche damit ist in die Zahlentafel auch noch die Bilanz für einen Versuch von Hilliger auf-

[1]) Auch bei der Vergasung von böhmischer Braunkohle hat Theiler („Feuerungstechnik" 15. Dez. 1923) gezeigt, daß sich bei dieser hochwertigen Kohle der Gaserzeuger in weiten Grenzen mit gutem Ergebnis einstellen läßt.

genommen. Es ist in allen Fällen die Bilanz auf den oberen Heizwert der Kohle bezogen worden, der sich, wie von Hilliger a. a. O. eingehend begründet worden ist, hierfür viel besser als der untere Heizwert eignet Der Vergleich zeigt, daß bei Hilliger die Gesamtwärmeausnutzung durch Gas und Teer höher ist als bei den Schwandorfer Versuchen. Der Aschenverlust ist bei den erstgenannten Versuchen freilich ungewöhnlich klein, während der Verlust durch Leitung und Strahlung recht groß ausgefallen ist. Man darf aber trotzdem danach als sicher annehmen, daß der in Schwandorf ermittelte große Aschenverlust von 12 bis 17 vH gegen nur 0,2 bis 2,1 vH bei Hilliger (dieser verwendete Kohlen von geringerem Aschengehalt) noch wesentlich herabgesetzt und damit der Erzeugerwirkungsgrad weiter entsprechend vermehrt werden kann.

Abb. 9. Wärmebilanz (Sankey-Diagramm) für Versuche am Heller-Gaserzeuger mit Wackersdorfer Rohbraunkohlen.

Die Asche verhielt sich bei allen Schwandorfer Versuchen mit Ausnahme des reinen Luftgasbetriebes (Versuch 1) ziemlich gutartig, so daß nur wenig Stocherarbeit zu leisten war. Bei der Austragung der Schlacke (mit der Hand) wurde natürlich sorgfältig darauf geachtet, daß nicht zu viel, aber auch nicht zu wenig abgeführt wurde, damit die Glühzone dauernd in der richtigen Lage zu den Lufteinblaselöchern blieb.

Für die Erzeugerleistung ergab sich in Schwandorf beim günstigsten Versuch 2 der Wert der Schachtleistung zu 179 kg/m²/h, während bei den übrigen Proben Zahlen bis zu 270 kg ermittelt wurden. Dies entspricht einem Wärmeumsatz für 1 m² Schachtfläche und Stunde von 320 000 bzw. 490 000 kcal, während man bei Briketts oder Koks hierfür bekanntlich mit Höchstwerten von 750 000 bis 1 250 000 kcal rechnen kann. Hilliger fand bei seinen Versuchen mit Briketts (s. Zahlentafel 1) am Heller-Gaserzeuger sogar 1 310 000 kcal. Es muß zugegeben werden, daß der geringe Wärmeumsatz, der zurzeit nur erreicht werden kann, als der größte Nachteil der Vergasung von Rohbraunkohle anzusprechen ist. Da die Wirtschaftlichkeit der Gaserzeuger von ihrer Leistungsfähigkeit sehr stark abhängig ist, muß die Technik unter allen Umständen daraufhin arbeiten, den Wärmeumsatz auch bei Rohbraunkohle auf einen annehmbaren Wert zu bringen.

Der für den Erzeuger erforderliche Winddruck betrug bei allen Versuchen nur 20 bis 35 mm W.-S. Dabei konnte die Wahrnehmung gemacht werden, daß der gebrauchte Winddruck in einem merkbaren Maße durch die Schlackenbildung beeinflußt wird. Beim Versuch 1 mit reinem Luftgasbetrieb war so der Luftdruck wegen der erhöhten Schlackenmenge trotz verminderter Schachtleistung wesentlich größer als bei Versuch 3, dem Versuche mit gesteigerter Wasserdampfzufuhr.

Abb. 8. Ergebnisse bei der Vergasung von Rohbraunkohlen im Heller-Gaserzeuger, dargestellt im Vergasungstrapez.

An der Teergewinnungsanlage wurden eingehende Messungen nicht durchgeführt. Einige Bestimmungen der rückgewonnenen Teermenge führten auf eine Ausbeute von 1,4 vH Teer, bezogen auf das Gewicht der verarbeiteten Rohkohle, d. h. auf etwa 40 bis 50 vH des nach der Schwelanalyse festgestellten Teergehaltes. Zum Vergleiche sei darauf hingewiesen, daß Hilliger und Wurm an ihrer Anlage, die aus einem Theisenwäscher, einem Tropfenfänger und einem Gaskühler bestand, 28 bzw. 50 vH, bei Briketts dagegen 63,5 vH des Schwelanalysenwertes erzielen konnten. Es ist sicher, daß man bei den üblichen Gaserzeugern sehr viel größere Ausbeuten nicht zu erwarten hat. Legt man den Hauptwert auf die Teererzeugung und betrachtet man im Gegensatz zu den hier besprochenen Fällen das Gas als Nebenerzeugnis, so muß man zu anderen Einrichtungen greifen, nämlich zu den ausgesprochenen Schweleinrichtungen wie den Schweltrommeln usw. Bei dem geringen Teergehalte der Schwandorfer Kohle würde übrigens die Teergewinnungsanlage für sich wohl kaum gewinnbringend sein. Man muß aber beachten, daß die Trocknung und Entteerung des Generatorgases für die Verwendung in Gasmaschinen oder in Heizöfen zur Vermeidung von

Zahlentafel 4. Wärmeverteilung im Gaserzeuger, bezogen auf den oberen Heizwert des Brennstoffes für den Hilliger-Versuch 3 und den Schwandorfer-Versuch 2.

Versuch Nr.	Hilliger 3 kcal	Hilliger 3 vH	Schwandorf 2 kcal	Schwandorf 2 vH
1. Eingebrachte Wärmemenge:				
a) im Brennstoff	3308	100,0	2257	100,0
b) im Zusatzdampf } c) in der feuchten Luft }	7	0,2	63 8	2,7 0,3
Insgesamt	3315	100,2	2328	103,0
2. Gewonnene Wärmemenge:				
a) im trockenen Gas als Heizw.	1760	53,2	1311	56,3
b) im Teer als Heizwert	538	16,5	107	4,6
Insgesamt	2298	69,5	1418	60,9
3. Verlorene Wärmemenge:				
a) durch Kondensationswärme des Wasserdampfes	354	10,7	414	17,8
b) durch fühlbare Wärme des trockenen Gases	32	1,0	24	1,0
c) durch Verbrennliches in den Rückständen	8	0,2	311	13,4
d) durch Strahlung, Leitg. usw.	623	18,8	161	6,9
Insgesamt	1017	30,7	910	39,1

Störungen durch Verstopfung und auch zur Heraufsetzung des Heizwertes doch sehr zweckmäßig ist.

Bei den Untersuchungen strebte man auch danach, auf einfache Weise, nämlich durch Einführen von Eisenstangen, über die Temperaturen im Innern des Erzeugers oder vielmehr über die Lage, Höhenausdehnung und Intensität der **Glühzone** Aufklärung zu schaffen. Die Eisenstangen wurden gewöhnlich 3 min im Ofen belassen; man konnte beim Herausziehen an ihnen deutlich die Glühzone, die Stelle der höchsten Temperatur, erkennen. Es ergab sich meist dabei, daß die Glühzone die Temperatur der Eisenweißglut aufwies, was gelegentlich auch dazu führte, daß die Stange abschmolz. Die Glühzone hat demnach auch beim Heller-Gaserzeuger Temperaturen, die zwischen 1000 und 1200°C liegen, während verschiedentlich behauptet worden ist, daß diese Temperaturen nicht über 800 ° C hinausgehen würden. Würde der Heller-Gaserzeuger tatsächlich nicht mehr als 800 ° C aufweisen, so würden nach den theoretischen Erkenntnissen[1]) die Verhältnisse in diesem Erzeuger für die Gasbildung recht ungünstig sein. Aus den Proben mit den eingeführten Eisenstangen fand man ferner, daß die Glühzone mit Weißgluttemperatur meist 20 bis 30 cm hoch, manchmal stärker, manchmal auch etwas schwächer, war und daß an derselben Stelle nicht immer die gleichen, guten oder schlechten Verhältnisse festgestellt, sondern wie bei der Güte des Gases auch hier beträchtliche Schwankungen beobachtet wurden.

Man bedenke dabei, daß die Beschaffenheit der Glühzone doch maßgebend für die Gaszusammensetzung und Gasbildung ist. Auffällig ist, daß häufig auch zwei Glühzonen übereinander angetroffen wurden, was vielleicht auf die Ungleichheiten in der Stückigkeit der Kohle zurückzuführen ist. Man nimmt wohl mit Recht an, daß an Stellen, wo die Kohle mehr aus größeren Stücken besteht, das Feuer lebhafter angefacht und unterhalten wird. Mit der Stangenglühprobe konnte man auch deutlich den Einfluß einer Änderung der Wasserdampfzufuhr auf den Arbeitsgang des Gaserzeugers verfolgen. Bei geringem Dampfzusatz wurde die Glühzone allmählich stärker; bei vermehrtem Zusatz konnte man manchmal an den Stangen gar kein Glühen mehr beobachten. Bemerkenswert ist noch, daß man mit der Glühprobe auch die sehr ungünstige Wirkung einer versuchsweise herbeigeführten Hebung der Glühzone im Gaserzeuger auf ihre Form deutlich feststellen konnte. Das Heraufbringen der Glühzone in den trichterförmigen Teil des Heller-Erzeugers, von dem man sich ein vollständigeres Ausbrennen der Kohle und eine Herabsetzung des Aschenverlustes versprochen hatte, machte die Glühzone zu dünn und es traten dann an Stelle der für die Gasbildung notwendigen, zusammenhängenden Glühzone vereinzelte Glühnester auf, was das erzeugte Gas naturgemäß sehr verschlechterte.

[1]) s. hierzu vor allem: Neumann, Forschungsheft 140, und Terres-Schierenbeck, Untersuchungen an Koksgeneratoren, „Gas- und Wasserfach" Bd. 67 (1924) S. 257 u. f.

Abb. 10 zeigt den Temperaturverlauf, wie er nach den Ergebnissen der Glühstangenprobe für den Heller-Gaserzeuger wohl anzunehmen ist; Abb. 11 enthält die entsprechende Temperaturlinie für den von Neumann untersuchten Kokserzeuger[2]). Ein Vergleich der beiden Bilder zeigt klar, daß die Arbeitsverhältnisse der Rohbraunkohlen-Gaserzeuger infolge der niedrigeren Glühzone und des ungünstigeren Temperaturverlaufes denjenigen der Kokserzeuger erheblich nachstehen müssen.

Die günstigen Ergebnisse, die man bei den ersten vier Versuchen im Frühjahr 1923 erzielt hat, wurden durch die Erfahrungen, die bei der Prüfung der Gasmaschinenanlage im Herbste desselben Jahres gesammelt werden konnten, neuerdings bestätigt. Bei 283 kW Belastung der Drehstromdynamo betrug der Kohlenverbrauch für die nutzbare Kilowattstunde 3,12 kg und bei Vollast, 388 kW, nur 2,36 kg entsprechend einem Kohlenwärmeaufwand von 5280 kcal. Dieser Wärmeaufwand bedeutet einen thermischen Wirkungsgrad von 16,3 vH für die Gesamtanlage, wobei der zurückgewonnene Teer, der 5 vH der Kohlenwärme enthält, noch nicht berücksichtigt ist. Die Gaserzeuger lieferten auch bei dieser Prüfung (Zahlentafel 3, Versuche 5 und 6) ein gutes Gas; der Gasheizwert stellte sich im Durchschnitt auf 1170 und 1235 kcal/m^3. Damit ist der einwandfreie Beweis dafür erbracht, daß die Schwandorfer Rohbraunkohle in gebrochenem, ungesiebtem Zustande durch den Heller-Gaserzeuger mit gutem Wirkungsgrad und mit erträglicher Bedienungsarbeit vergast werden kann.

Entwicklungsmöglichkeiten der Gaserzeuger für Rohbraunkohlen.

Zum Schlusse möge noch auf einige naheliegende Fragen eingegangen werden. Es wird vor allem zweckmäßig sein, dem Grunde nachzugehen, warum der Heller-Gaserzeuger sich für Rohbraunkohle anscheinend besser eignet als die sonst üblichen Erzeugerbauarten. Vermutlich liegt dieser Grund in der starken Verminderung des Schachtquerschnittes nach unten. Durch diese einfache Maßnahme erreicht man jedenfalls, daß trotz der erheblichen Volumenverminderung bei der Trocknung und Entgasung der Braunkohle (der Koksgehalt ist doch bei dieser nassen und jungen Kohle mit 25 bis 35 vH beträchtlich kleiner als bei trockenem, hochwertigem Brennstoff mit 60 bis 90 vH) die Glühzone noch die für die Gasbildung notwendige Dicke erhält. Es darf wohl angenommen werden, daß bei Übertragung dieser Eigenart auf andere Gaserzeugerbauarten, vor allem auf die **Drehrosterzeuger**, die zur Gewinnung größerer Leistungen für Rohbraunkohle doch ebenfalls ausgebildet werden müssen, auch diese für den vorgenannten minderwertigen Brennstoff geeigneter gemacht werden. Abb. 12 stellt den Entwurf eines solchen Drehrosterzeugers dar, der gegenüber dem untersuchten Heller-Gaserzeuger neben der einfacheren mechanischen Aschenabführung auch noch den Vorzug einer größeren

[2]) Forschungsheft 140.

Abb. 10. Verhalten des Heller-Gaserzeugers bei richtiger Lage der Glühzone.

Abb. 11. Verlauf der Temperaturen längs des Schachtes eines Koksgaserzeugers nach Untersuchungen von Neumann.

Leistungsfähigkeit — etwa 15 t Durchsatz gegen nur 6 bis 7 t beim Heller-Gaserzeuger — aufweisen würde. Man darf allerdings dabei nicht übersehen, daß die Anlage eines Drehrosterzeugers viel mehr bauliche Schwierigkeiten macht und auch viel größere Eisenmengen erfordert als der Heller-Gaserzeuger, der fast ausschließlich bis auf die Düsenkästen nur aus Steinen aufgebaut ist. Es sei hier noch auf den Drehrosterzeuger von Goehtz-Keulahütte (s. hierzu Roth, „Neuer Fortschritt in der Vergasung der Braunkohle", „Braunkohle", Bd. 21 S. 154 und die Zuschrift von Arnemann, ebenda, S. 289) aufmerksam gemacht, der sich auf dem Lautawerk für gesiebte Knorpelkohle bei sehr hohen Schachtleistungen bewährt haben soll und dessen flacher Drehrost gerade für Rohbraunkohle mit ihrem geringen Koksgehalt von Vorteil sein kann.

Eine weitere wichtige Frage besteht darin, ob es nicht möglich ist, den Dampfbedarf des Gaserzeugers erheblich einzuschränken oder vielleicht ganz zu beseitigen. Die in Wackersdorf ursprünglich verwendete Luftzuführung aus dem Freien mit Hilfe von Dampfstrahlsaugern war hinsichtlich des Dampfbedarfes sicherlich nicht günstig, weil im Winter doch nur sehr kalte und trockene Luft für das Ansaugen zur Verfügung stand. Bei dieser Einrichtung mußte also verhältnismäßig viel Wasserdampf der Luft zugesetzt werden, um die für den Gaserzeugerbetrieb notwendige Wasserdampfmenge zu erreichen und außerdem die angesaugte kalte Luft so hoch zu erwärmen, daß diese auch wirklich die eingebrachte Wasserdampfmenge als Luftfeuchtigkeit fortzutragen vermochte. Es folgt daraus, daß der Dampfbedarf wesentlich vermindert wird, wenn man die Luftmenge nicht aus dem Freien, sondern aus einem warmen und feuchten Raume, wie z. B. dem Maschinenhause, das an und für sich entlüftet werden muß, holt. Für den Gaserzeugerbetrieb bringt die Erhöhung der fühlbaren Wärme der Luft auch eine Erleichterung, besonders wenn es durch Heranziehung der Auspuffgase aus der Gasmaschine oder durch ein anderes (möglichst kostenloses) Verfahren gelingt, die Luft auf einige Hundert Grad vorzuwärmen. Die oben untersuchte Verwendung von heißen Kesselabgasen stellt gleichfalls einen Weg dar, auf dem eine Ersparnis an Wasserdampf erzielt werden kann. Es liegt nun nahe, auch an den Wassergehalt der Rohbraunkohle zu denken. Man kann einen Widerspruch mit Recht darin erblicken, daß man der unten eingeblasenen Gaserzeugerluft von einer Kessel- oder einer Dampfmaschinenanlage bezogenen Wasserdampf (etwa 80 g für 1 kg Rohkohle) zusetzen muß, während man aus dem oben abgeführten Generatorgas viel größere Mengen Dampf (rd. 500 g für 1 kg Rohkohle) unausgenutzt als Ballast durch Kühlung ausscheidet. Es könnte zur Heranziehung der Kohlenfeuchtigkeit für die Deckung des Dampfbedarfes eine Umkehrung der Gasführung im Gaserzeuger ins Auge gefaßt werden, was also bedeuten würde, daß die Luft mit dem Brennstoff oben zugeführt, das erzeugte Gas dagegen unten entnommen wird (s. den Gaserzeuger von Fauget „Fischer-Gwodsz", a. a. O., S. 391[1]). Eine Nachprüfung läßt aber sofort erkennen, daß das Verfahren von Fauget zwar bei Holz mit etwa 20 vH Wassergehalt und seinem höheren Heizwert wohl durchführbar war, hier aber bei der Rohbraunkohle mit 50 bis 60 vH Wasser von vornherein zum Mißlingen verurteilt ist. Eine Möglichkeit zur vollständigen Beseitigung des Dampfbedarfes besteht noch darin, daß man der Luft einen Teil des erzeugten feuchten Generatorgases zusetzt; doch ist dieses Verfahren mit einer wenn auch geringen Explosionsgefahr verknüpft.

Nach Abschluß dieser Arbeit erschien noch ein eingehender Bericht von K. Bunte über „Betriebsmäßige Vergasung von grubenfeuchter, erdiger Rohbraunkohle", („Gas- und Wasserfach" 1924 S. 344), der besonders deshalb bedeutungsvoll ist, weil hier anscheinend mit einem neuartigen Gaserzeuger der Francke-Werke, Abb. 13, sogar die Verarbeitung von erdiger Kohle mit hohem Feingehalt gelungen ist. Es ist dies wohl in erster Linie dem

RZ 745 Z 15

Abb. 13. Gaserzeuger der Francke-Werke.

RZ 745 Z 14

Abb. 12. Entwurf eines Drehrost-Gaserzeugers für Rohbraunkohle.

[1] Vgl. auch den Torf-Gaserzeuger von Görlitz Z. Bd. 55 (1911) S. 370 u. Bd. 56 (1912) S. 585.

Abb. 14. Vergasungsversuche von Bunte: **Veränderung der Kohle auf** dem Wege durch den Gaserzeuger.

Trocken- und Schwelaufbau zu verdanken, der innerhalb der Trocknungszone eine sehr lose Schüttung des Brennstoffes herbeiführt, damit eine Schlickzonenbildung vermeidet und so das Auskommen mit einem geringeren Luftüberdruck ermöglicht. Die vergaste Kohle hatte überdies einen sehr niedrigen Heizwert, nur rd. 1500 kcal. Das gewonnene Gas war allerdings bei sehr hohem Wasserdampfzusatz — 0,24 kg auf 1 kg Rohkohle oder 1,24 kg auf 1 kg C — recht geringwertig (14,5 vH CO_2 und 808 kcal), genügte aber nach Mitteilung vollauf dem angestrebten Verwendungszweck, der in einer Beheizung von Gasöfen bestand. Für den stündlichen Wärmeumsatz berechnet sich aus den mitgeteilten Versuchswerten die sehr niedrige Zahl von 153 000 kcal. Der genannte Bericht enthält neben Ergebnissen von Temperaturmessungen, die im Oberteil des Gaserzeugers angestellt wurden, noch Feststellungen auf Grund von Entnahmeproben aus verschiedenen Höhenlagen darüber, wie sich die Zusammensetzung der Kohle im Gaserzeuger auf dem Wege nach unten ändert. Abb. 14 zeigt nach Bunte das Verhalten des Feuchtigkeitsgehaltes und des Gehaltes an Asche und Verbrennlichem. Das plötzliche Ansteigen des Verbrennlichen wird damit erklärt, daß in der betreffenden Schicht anscheinend von unten kommende Teerdämpfe niedergeschlagen werden, die dann das Verbrennliche in der Kohle sehr stark vermehren. Bunte kommt auch auf die Wichtigkeit einer starken Brenn- und Glühzone zu sprechen und hält dafür, daß man mit einer Vermehrung des Wasserdampfzusatzes eine Erhöhung der Brennschicht erreichen kann. Dieses Vorgehen wird aber nur innerhalb eines sehr engen Regelbereiches von Nutzen sein, da ein zu hoher Wasserdampfzusatz doch die Glühzonentemperatur unter die für eine gute Gasbildung nötige Höhe herunterdrückt. [B 745]

Statische und dynamische Prüfung von Stahl[1]).

Auf Grund von Versuchen mit Stählen stellt L e s s e l s eine Beziehung fest zwischen der aus Dauerbiegeversuchen bei etwa 20 Millionen Belastungswechseln ermittelten „Arbeitsfestigkeit" und entsprechenden Ergebnissen von in kürzerer Zeit durchführbaren Wechsel-Dauerkerbschlagversuchen mit veränderlicher Fallhöhe bei etwa 60 000 Kerbschlägen und empfiehlt die letzteren Versuche als abgekürztes Verfahren zur rascheren Ermittlung der Arbeitsfestigkeit.

Im einzelnen erwähnt der Verfasser zunächst kurz den Zugversuch als Vertreter der statischen Prüfung (statisch im Hinblick darauf, daß der Probestab hierbei ruhend ist). Er nennt Elastizitätsgrenze jene Spannung, bei der die Dehnung aufhört, proportional der Belastung zu sein, und Fließgrenze jene Spannung, bei der an einem (englischen) Normalzugstab eine Streckung von 0,01 " festgestellt wird. Anschließend werden dann Dauerschlagversuche und Dauerbiegeversuche als Vertreter der dynamischen Prüfung besprochen.

Erstere wurden mit gekerbten Rundstäben auf einem Dauerschlagwerke mit veränderlich einstellbarer Fallhöhe des Bärgewichtes und jeweils um 180° wechselnder Schlagrichtung (Bauart Stanton) durchgeführt. Die so erhaltenen Ergebnisse der Dauerschlagversuche wurden dann in Schaubildern verzeichnet, deren Ordinaten die angewendeten Fallhöhen (von 2 bis etwa 0,3 ") und deren Abszissen die zugehörigen, jeweils bis zum Bruche ertragenen Anzahlen der Wechselkerbschläge sind.

Diese Kurven zeigen einen zur Abszissenachse asymptotischen Verlauf, haben also den gleichen Charakter, wie ihn die Ergebnisse der anschließend besprochenen, mit Dauerbiegemaschinen durchgeführten Ermüdungsversuche im Schaubilde aufweisen, wenn man als Ordinaten die angewendeten Belastungen und als Abszissen die zugehörigen, jeweils bis Brucheintritt ertragenen Belastungswechsel einzeichnet.

Aus dem gleichartigen, zur Abszissenachse asymptotischen Verlauf der durch Dauerkerbschlagversuche mit veränderlicher Fallhöhe und durch Ermüdungsversuche auf Dauerbiegemaschinen erhaltenen Schaubilder wird nun geschlossen, daß die in verhältnismäßig kürzerer Zeit bei rd. 60 000 Kerbschlägen erhaltbaren Ordinatenwerte der Dauerschlagschaubilder ein Maß sein könnten für die erst nach rd. 20 Millionen Biegewechsel durch Dauerbiegeversuche bestimmte Dauerfestigkeit, für deren Bestimmung also etwa 12 Tage erforderlich sind.

Bei geeigneter Auslegung der Versuchsergebnisse, wenn man nämlich z. B. bei gewalztem Kohlenstoffstahl den Walzzustand bzw. bei Stahlguß den Gußzustand als Verhältnisgrundlage wählt und hierbei den Wert der Arbeitsfestigkeit (aus dem Dauerbiegeversuch für $n = 20$ Millionen) gleich 1 und den Ordinatenwert der Widerstandskurve beim Wechselkerbschlagversuch (für $n = 60\,000$ Kerbschläge) gleich 1 setzt, wurde Zahlentafel 1 erhalten:

Zahlentafel 1. Relative Dauerfestigkeitswerte von Dauerkerbschlag- (mit veränderlicher Fallhöhe) und Dauerbiegeversuchen.

Versuchsstoff	Zustand	Dauerbiegung	Kerbschlag
Kohlenstoffstahl			
0,37 vH C . . .	gewalzt	1,00	1,00
„	geglüht	1,01	1,04
„	normalisiert	1,06	1,08
Stahlguß			
0,3 vH C, 0,18 vH Vd	gegossen	1,00	1,00
„	geglüht	1,05	1.17
„	normalisiert	1,07	1,17
Stahlguß			
0,23 vH C	gegossen	1,00	1,00
„ . . .	geglüht	1,10	1,16

Auf Grund der Relativwerte der Versuchsreihen obiger Zahlentafel könnte nun nach L e s s e l s die Arbeitsfestigkeit aus dem in weit kürzerer Zeit durchführbaren Kerbschlagversuch für einen beliebigen Materialzustand bestimmt werden, sofern nur überhaupt einmal für einen einzigen Materialzustand (gewalzt, gegossen und dergl.) der Wert der Arbeitsfestigkeit durch den Dauerbiegeversuch bestimmt wurde. Von diesem Gesichtspunkt aus empfiehlt Lessels also den Wechselkerbschlagversuch mit veränderlicher Fallhöhe als abgekürzten Dauerversuch zur Bestimmung der Arbeitsfestigkeit eines Materials.

Anschließend wird dann noch ein andres abgekürztes Verfahren zur Bestimmung der Arbeitsfestigkeit besprochen, welches Durchbiegungsverfahren genannt wird. Dabei werden während des Dauerversuches bei allmählich gesteigerter Belastung mittels Spiegelapparaten zusammengehörige Werte von Durchbiegung und Belastung bestimmt und in Schaubilder eingetragen. Als Arbeitsfestigkeit gilt dann jene Spannung, von welcher an die Durchbiegungen aufhören proportional der Belastung zu sein und rascher zunehmen als diese.

Zusammenfassend weist dann der Verfasser zum Schluß nochmals auf die Wichtigkeit dynamischer Versuche hin und betont, wie wünschenswert Kurzversuche zur Bestimmung der Arbeitsfestigkeit eines Materiales und deren weitere Verbreitung namentlich auch für die Praxis wären, warnt aber eindringlich vor ihrer allgemeinen Anwendung, ehe die Grundlagen durch weitere, ausgedehntere Versuche nicht vollkommen klargelegt sind.

[N 483] R. S c h e u.

[1]) J. M. L e s s e l s, Static and dynamic tests or steel. Transactions Amer. Soc. for Steel Treating, Oktober 1923.

Der Magnus-Effekt, die Grundlage der Flettnerwalze.

Von Dipl.-Ing. Dr. A. Betz, Göttingen.

Zwar kann man mit der Theorie der idealen Flüssigkeit den Verlauf von Strömungen, die Auftrieb ergeben, weitgehend untersuchen, die Frage nach der Entstehung einer solchen Strömung und nach der Ursache des Widerstandes läßt sich jedoch nur durch die Prandlsche Grenzschichttheorie befriedigend beantworten. Diese Theorie vermag auch den Magnuseffekt zu erklären, dessen Wesen in der Aerodynamischen Versuchsanstalt Göttingen so weitgehend erforscht wurde, daß Flettner die Göttinger Ergebnisse ohne weiteres für den Antrieb von Schiffen ausnutzen konnte.

Theoretischer Teil.

Durch die erfolgreichen ersten Probefahrten des Flettner-Walzenschiffes „Buckau" ist eine hydrodynamische Erscheinung, die unter dem Namen Magnuseffekt seit langem bekannt ist, plötzlich zu technischer Bedeutung gelangt. Da diese Erscheinung in dem Schrifttum sehr wenig[1]) behandelt und vielfach auch unrichtig dargestellt ist, so dürfte der Versuch, die Verhältnisse im folgenden klarzulegen, vielleicht berechtigt sein. Ich möchte vorausschicken, daß der Effekt nicht ganz einfach zu verstehen ist, besonders deshalb, weil die dazu erforderliche Grundlage, die Prandtlsche Grenzschichttheorie[2]), sehr wenig bekannt ist, obwohl sie jetzt bereits auf ein 20jähriges Bestehen zurückblicken kann.

Die Erscheinung des Magnuseffektes besteht darin, daß ein umlaufender Körper, wenn er sich relativ zur umgebenden Flüssigkeit (Luft) bewegt, außer dem Widerstand, das ist einer Kraft entgegen der Bewegungsrichtung, auch einen Auftrieb, d. i. eine Kraft senkrecht zur Bewegungsrichtung, erfährt. Dieser Auftrieb ist nach jener Seite hin gerichtet, auf der die Relativgeschwindigkeit zwischen Flüssigkeit und Körperoberfläche am kleinsten ist, auf der also die von der Drehung herrührende Umfangsgeschwindigkeit mit der vorbeistreichenden Flüssigkeit gleichgerichtet ist, Abb. 1, in der mit ω die Winkelgeschwindigkeit, mit v die Fortschrittgeschwindigkeit des Körpers, mit W der Widerstand und mit A der Auftrieb bezeichnet sind.

Außer bei den Versuchen von Magnus wurde der Effekt als Geschoßablenkung bei der Artillerie ständig beobachtet, was den Anlaß zu den Versuchen von Magnus gab, oder als merkwürdig gekrümmte Flugbahn bei „geschnittenen" Tennisbällen[3]) und ähnlichen Spielbällen, Abb. 2.

Bevor wir uns das Zustandekommen des Magnuseffektes klarmachen, wird es zweckmäßig sein, die Begriffe Auftrieb und Widerstand und die Ursachen dieser Kräfte etwas näher zu betrachten. Wenn wir einen Körper, Abb. 1, mit der Geschwindigkeit v bewegen, so müssen wir zur Überwindung des Widerstandes W sekundlich die Arbeit $W v$ leisten. Der Auftrieb A dagegen erfordert keinerlei Arbeitsaufwand, da er ja senkrecht zu v steht. In einer „idealen" Flüssigkeit, in der keine Energieverluste auftreten, würde ein gleichförmig bewegter Körper keinen Widerstand erfahren, wohl aber kann ein Auftrieb vorhanden sein. Man kann daher für die Erforschung der mit Auftrieb verbundenen Vorgänge im allgemeinen die Vorgänge in einer idealen (verlustlos strömenden) Flüssigkeit zugrunde legen. Man gewinnt dabei sehr viele praktisch wichtige Erkenntnisse über den Zusammenhang der Strömung mit dem Auftrieb, aber die Frage, wie und warum in einem bestimmten Falle gerade diese mit dem betreffenden Auftrieb verknüpfte Strömung entsteht, bleibt bei dieser Betrachtungsweise unbeantwortet[4]). Wir wollen zum besseren Verständnis des Folgenden uns ganz kurz etwas mit den Vorgängen in idealen Flüssigkeiten, der sogenannten Potentialströmung, beschäftigen, und dann auf die tieferen Ursachen des Widerstandes und des Auftriebes eingehen, wie sie durch die Prandtlsche Grenzschichttheorie erklärt werden.

Damit ein Körper einen Auftrieb (nach oben gerichtet gedacht) erfährt, muß auf der Unterseite durchschnittlich höherer Druck als auf der Oberseite herrschen. Da aber Druck p und Geschwindigkeit v durch die als Bernoullische Gleichung bekannte Beziehung $p + \frac{\varrho}{2} v^2 = \text{konst}$ verbunden sind, in der ϱ die Flüssigkeitsdichte bedeutet, so muß bei vorhandenem Auftrieb die Geschwindigkeit im Durchschnitt oben größer sein als unten. Eine genauere Verfolgung dieser Überlegung ergibt nun, daß man als Maß für diesen Geschwindigkeitsunterschied zweckmäßig die Zirkulation Γ wählt, die in folgender Weise gekennzeichnet ist:

Man lege um den betreffenden Körper eine geschlossene Linie s, Abb. 3. Die Geschwindigkeit in einem Punkte von s sei v, die Komponente von v, die in die Richtung der Tangente an s in dem betreffenden Punkte fällt, sei v'. Dann ist die Zirkulation

$$\Gamma = \int_0 v' \, d\,s,$$

wobei das Integral $\int_0$ über einen vollen Umlauf längs der Linie s zu erstrecken ist. Für den Auftrieb A erhält man dann die einfache Beziehung (Kutta-Schukowskysche Formel)

$$A = \varrho \, v \, \Gamma l.$$

Dabei ist ϱ wieder die Dichte der Flüssigkeit, v die Geschwindigkeit in großer Entfernung vom Körper und l die Länge des Körpers senkrecht zur Zeichenebene. Die Zirkulation ist über die ganze Länge als konstant vorausgesetzt.

Man kann sich eine Strömung mit Auftrieb aus zwei auftrieblosen Bewegungen zusammengesetzt denken. Bei der einen ist die Zirkulation $\Gamma = 0$, aber v die Geschwindigkeit relativ zum Körper in großer Entfernung davon

RZ968Z1

Abb. 1. Schema des Magnuseffektes

RZ968Z3

Abb. 3. Schema der Zirkulation.

RZ968Z2

Abb. 2. Flugbahn von Tennisbällen.

---

[1]) Eine kurze aber zutreffende Darstellung aus neuerer Zeit findet sich in dem Vortrage von Föttinger „Neue Grundlagen für die Behandlung des Propellerproblemes". Jahrb. d. Schiffbautechn. Ges. 1910, S. 385 u. f. Eine weitere gute Darstellung bringt Lanchester, Aerodynamik (deutsch von Runge) S. 36. Leipzig 1909. B. G. Teubner. Eine Abhandlung von Prandtl wird demnächst in den „Naturwissenschaften", eine gemeinverständliche Darstellung von Ackeret im Verlag Vandenhoek & Ruprecht, Göttingen, erscheinen.

[2]) Vergl. L. Prandtl, „Über Flüssigkeitsbewegung bei sehr kleiner Reibung". Verh. d. dritten internationalen Mathematikerkongresses zu Heidelberg S. 484 u. f. B. G. Teubner 1905.

[3]) Vergl. Lord Rayleigh: On the irregular flight of a tennis ball. Scientific papers I. S. 344.

[4]) Bei normalen Tragflügeln mit scharfer Hinterkante kann man zwar auf Grund der Erfahrung, daß die Flüssigkeit scharfe Kanten nicht umströmt, eine Aussage über den zu erwartenden Auftrieb machen; aber da der Grund, warum die Kante nicht umströmt wird, nicht klar liegt, so versagt diese Überlegung, sobald die Kante nicht scharf, sondern wesentlich abgerundet ist

Abb. 4. Zylinder in parallel strömender reibungsloser Flüssigkeit.

Abb. 5. Zirkulationsströmung um einen Zylinder.

Abb. 6. Die in Abb. 4 und 5 dargestellten Strömungen vektoriell zusammengesetzt. Die entstandene Strömung ergibt einen Auftrieb.

vorhanden, Abb. 4, bei der andern ist nur eine Zirkulationsströmung Γ, aber keine Fortschrittgeschwindigkeit s vorhanden, Abb. 5. Beide Strömungen sind als Potentialbewegung möglich. Wenn man nun die beiden Strömungen überlagert, d. h. in jedem Punkt die betreffenden beiden Geschwindigkeiten vektoriell (so wie Kräfte im Kräfteparallelogramm) zusammensetzt, so erhält man wieder eine Potentialbewegung, die nun die Zirkulation Γ der einen und die Translationsgeschwindigkeit v der andern Teilbewegung aufweist, also einen Auftrieb ergibt, Abb. 6.

Die Einführung des Begriffes der Zirkulation ist zwar sehr nützlich, um den Zusammenhang des Strömungsverlaufes mit dem Auftrieb zu verstehen, die Frage nach der Entstehung des Auftriebes ist dadurch aber immer noch unbeantwortet, sie ist höchstens auf die Frage nach der Entstehung der Zirkulation zurückgeführt. Immerhin kann uns diese Art der Behandlung noch einen kleinen Schritt weiterbringen: Wenn die Flüssigkeit und der Körper vollständig in Ruhe sind, so ist klar, daß die Zirkulation null sein muß, da ja die Geschwindigkeit längs des ganzen Weges s null ist. Setzen wir nun den Körper in Bewegung, so kann sich nach einem Satz der Hydrodynamik die Zirkulation nur dann ändern, wenn aus dem von der Linie s, Abb. 3, eingeschlossenen Gebiete Wirbel herauswandern oder in dieses Gebiet hineinwandern. Und zwar ist die Zunahme bzw. Abnahme der Zirkulation gerade gleich der Summe der Zirkulationen um die hinein- bzw. herauswandernden Wirbel (ein Drehsinn ist positiv, der entgegengesetzte negativ zu rechnen). Wir sehen daraus, daß die Entstehung der Zirkulation um einen Körper in einer vorher ruhenden Flüssigkeit nur möglich ist, wenn gleichzeitig Wirbel in der Flüssigkeit gebildet werden. In einer idealen Flüssigkeit ist dies definitionsgemäß nicht möglich, da ja Wirbelbildung mit Energieverbrauch verbunden ist. Wir müssen uns daher nun jenen Vorgängen zuwenden, die bei wirklichen Flüssigkeiten die Bildung von Wirbeln verursachen.

Wenn eine Flüssigkeit aus der Ruhe heraus nur durch Druckunterschiede in Bewegung gesetzt wird, so entsteht eine Potentialbewegung wie in einer idealen Flüssigkeit. Bei wirklichen Flüssigkeiten treten aber infolge ihrer Zähigkeit zu den Druckkräften P, Abb. 7, auch noch scherende Kräfte T, welche die Flüssigkeitsteilchen in Drehung versetzen und so Wirbel bilden. Solche scherende Kräfte treten auf, wenn die Geschwindigkeit quer zur Stromrichtung ansteigt. Im Innern einer Flüssigkeit ist die Wirkung dieser Scherkräfte im allgemeinen belanglos, da einmal die Geschwindigkeitsunterschiede nicht sehr schroff sind und außerdem, wie man zeigen kann, solange die Strömung die Form einer Potentialströmung hat, die verschiedenen an einem Flüssigkeitsteilchen angreifenden Scherkräfte (T_1 bis T_4 in Abb. 7) gerade einander das Gleichgewicht halten. Dagegen ist die Wirkung dieser Kräfte da von einschneidender Bedeutung, wo die Flüssigkeit an festen Wänden vorbeiströmt. Hier findet in einer dünnen Schicht ein Übergang von der normalen Strömungsgeschwindigkeit auf die Geschwindigkeit null an der Wand statt, Abb. 8. In dieser sogenannten Grenzschicht kommt also die Zähigkeit, die die wirklichen Flüssigkeiten von der idealen unterscheidet, wesentlich zur Geltung, und in ihr haben fast alle jene Störungen ihren Ursprung, die die Strömung wirklicher Flüssigkeiten von der Potentialströmung unterscheiden. Prandtl hat bereits vor 20 Jahren[1]) auf die Wichtigkeit dieser Grenzschichtvorgänge hingewiesen und ihren Einfluß durch überzeugende Versuche dargetan. Die folgenden Ausführungen schließen sich eng an die alten Prandtlschen Überlegungen an. Wir wollen dabei die Strömung um eine Walze betrachten, die uns am nächsten liegt. Die meisten Überlegungen gelten aber auch für anders geformte Körper.

Abb. 7. Druck- und Scherkräfte in einer zähen Flüssigkeit.

An den Seiten der Walzen (oben und unten in Abb. 4) sind die Stromlinien am stärksten zusammengedrängt, die Geschwindigkeit ist hier am größten, der Druck am kleinsten. Bei der Potentialströmung vermindert sich dann die Geschwindigkeit wieder und der Druck steigt wieder an. Die kinetische Energie der Flüssigkeitsteilchen befähigt sie, in das Gebiet höheren Druckes einzudringen. Ihre Geschwindigkeit wird dabei unter dem Einfluß des Druckanstieges gerade in dem Maße verzögert, wie es in der Bernoullischen Gleichung (siehe oben) ausgedrückt ist. Betrachten wir nun aber ein Teilchen der Grenzschicht: seine Geschwindigkeit ist kleiner als die der gesunden Strömung außerhalb dieser Schicht. Seine kinetische Energie reicht daher nicht aus, um in das Gebiet höheren Druckes einzudringen, es kommt bereits vorher zum Stillstand und kehrt seine Bewegungsrichtung um. Da aber anderseits aus dem Gebiet niederen Druckes immer neue Grenzschicht nachströmt, so häuft sich in der Gegend, wo der Druck ansteigt,

[1]) Vergl. L. Prandtl, „Über Flüssigkeitsbewegung bei sehr kleiner Reibung", s. Anm. 2 S. 9.

Abb. 8. Geschwindigkeitsverteilung nahe einer Wand (Grenzschicht).

allmählich immer mehr Grenzschichtmaterial an. Dieses Grenzschichtmaterial hat zwei wesentliche Eigenschaften:

1. ist seine Gesamtenergie $(p + \frac{\varrho}{2} v^2)$ kleiner als die der übrigen Strömung,
2. sind die einzelnen Flüssigkeitsteilchen in drehender Bewegung[1]).

Die weitere Entwicklung der Grenzschichthäufung ist in den Abb. 9 bis 11 dargestellt (nach Strömungsaufnahmen von Prandtl aus dem Jahre 1904 und von Rubach[2]) im Prandtlschen Institut aus den Jahren 1913/14; das Grenzschichtmaterial ist durch Punktierung angedeutet). Wenn das Grenzschichtmaterial einigermaßen dick geworden ist, so wird es von der übrigen Strömung mitgenommen und wandert schließlich als Wirbel fort, worauf sich der Vorgang wiederholt. Die Symmetrie der abgehenden Wirbel liegt nicht fest, der eine von ihnen eilt daher dem andern voraus; dies hat zur Folge, daß auch die weitere Wirbelbildung nicht mehr symmetrisch, sondern abwechselnd auf der einen und der andern Seite stattfindet. Für die folgenden Überlegungen ist dies aber ohne Bedeutung.

Die sich ständig bildenden Wirbel sind die Ursache des Widerstandes. Man kann dies von zwei Standpunkten aus einsehen: In einem Bezugsystem, in dem die Flüssigkeit ruht und die Walze bewegt wird, kommt bei der Potentialbewegung die Flüssigkeit hinter der Walze wieder vollständig zur Ruhe. Infolge der Wirbelbildung ist aber die Flüssigkeit hinter der Walze in Bewegung, hat also kinetische Energie, die mit jedem neuen Wirbel zunimmt. Diese kinetische Energie muß durch Arbeitsleistung bei der Bewegung der Walze aufgebracht werden, was nur durch Überwindung eines Widerstandes möglich ist. Der andre Standpunkt ist folgender: Die Potentialströmung ist vor und hinter der Walze genau symmetrisch, infolgedessen sind auch die Drücke auf der Vorderseite genau so groß wie an den entsprechenden Stellen der Rückseite. Die Drücke heben sich demnach gerade auf. Infolge der Wirbelbildung kommt aber der Druckanstieg auf der Rückseite nicht mehr vollständig zur Ausbildung, der Druck auf der Vorderseite überwiegt daher gegenüber dem auf der Rückseite. Der Unterschied ist der Widerstand (dazu kommt noch die Oberflächenreibung, die aber beim Zylinder in der Regel nur eine verschwindende Rolle spielt).

Nachdem wir gesehen haben, wie durch die Prandtlsche Grenzschichttheorie die Bildung von Wirbeln verständlich wird, können wir uns auch wieder der Frage nach der Entstehung des Auftriebes zuwenden. Wir haben diese Frage weiter oben mit der Feststellung abgebrochen, daß der Auftrieb nur möglich ist, wenn durch die die Walze umschlingende Linie s, Abb. 3, Wirbel von entsprechender Zirkulation hindurchgewandert sind. Wenden wir diese Überlegung auf den in Abb. 9 bis 11 dargestellten Vorgang mit den abgehenden Wirbeln an, so müssen wir feststellen, daß von jeder Walzenseite gleich viel Wirbel abwandern, da ja die beiden Seiten die gleichen Voraussetzungen für die Wirbelbildung bieten. Nur ist der Drehsinn der beiden Wirbelsysteme entgegengesetzt. Wenn daher ein Wirbel der einen Seite mit einer bestimmten Zirkulation durch die Linie s tritt, so wird er wieder ausgeglichen durch einen entsprechenden Wirbel der andern Seite, dessen Zirkulation ebenso groß ist, aber entgegengesetzte Vorzeichen hat. Auf diese Weise kommt also keine Zirkulation um den Zylinder zustande, was ja an sich auch nicht weiter verwunderlich ist, da ja aus Symmetriegründen keine unsymmetrische Kraft, wie der Auftrieb, zu erwarten ist.

RZ 968 Z 9-11

Abb. 9 bis 11. Entwicklung von Wirbeln aus der Grenzschicht.

RZ 968 Z 12

Abb. 12. Stromlinien und Grenzschicht bei einem umlaufenden Zylinder nach einer Aufnahme von Prandtl.

[1]) Über die Begriffe „Drehung" und „Wirbel" vergl. etwa: Betz, „Wirbel und im Zusammenhang damit stehende Begriffe der Hydrodynamik". Z. f. Flugtechn und Motorluftschiffahrt 1921. S. 193.

[2]) Vergl. Rubach, „Über die Entstehung und Fortbewegung des Wirbelpaares hinter zylindrischen Körpern". Forschungsheft Nr. 185.

Die Verhältnisse werden aber sofort anders, wenn wir die Voraussetzungen für die Wirbelbildung auf beiden Seiten ändern. Eine solche Änderung ist z. B. gegeben, wenn die Form der Walze unsymmetrisch ist. Die typischen Beispiele für diesen Einfluß sind die bekannten Flügelprofile. Wir können die Voraussetzungen für die Wirbelbildung aber auch dadurch ändern, daß wir die Walze um ihre Achse umlaufen lassen. Auf der Seite, auf der die Umfangsgeschwindigkeit der Walze mit der Strömung übereinstimmt, bildet sich keine oder nur eine wesentlich dünnere Grenzschicht. Diese braucht erheblich länger, bis sie sich soweit angehäuft hat, daß sie in Form eines Wirbels abwandern kann. Auf der entgegengesetzten Seite ist es umgekehrt. Hier ist die Grenzschicht verstärkt, es bilden sich mehr Wirbel. Wir haben also jetzt den Fall, daß von der einen Seite mehr Wirbel abwandern als von der andern, also ein Anwachsen der Zirkulation um die Walze und somit eine Auftriebkraft auftritt[3]).

RZ 968 Z 13

Abb. 13. Strömung durch zwei Einschnürungen.

Solange dieser Vorgang dauert, würde die Zirkulation und damit der Auftrieb stets weiter wachsen. Aber der Vorgang ist bald beendet. Infolge der einseitig abgehenden Wirbel wird die ganze Strömung um die Walze abgeändert. Sie bekommt ja Zirkulation, hat also im Prinzip das Aussehen wie in Abb. 6. Nun ist die Geschwindigkeit auf der Oberseite größer, auf der Unterseite kleiner geworden. Die größere Geschwindigkeit bedingt aber wieder stärkere Wirbelbildung und umgekehrt. Die Zirkulation steigt daher so lange, bis dieser Einfluß die Wirkung der Zylinderdrehung auf die Wirbelbildung wieder aufhebt und auf beiden Seiten, jetzt allerdings in unsymmetrischer Lage, wieder gleich viel und gleich starke Wirbel abwandern (vergl. Abb. 12, die nach einer Aufnahme von Prandtl, etwa aus dem Jahre 1910, gezeichnet ist). Erhöht man die Drehgeschwindigkeit, so erhöht sich durch einseitige Wirbelabwanderung die Zirkulation und der Auftrieb, bis wieder Gleichgewicht herrscht.

Man kann den Vorgang auch folgendermaßen darstellen: Die dünnere Grenzschicht auf der einen Seite bewirkt, daß die Strömung hier länger an der Walze anliegt als auf der andern Seite. Wenn sie sich ablöst, so hat sie auf der Oberseite bereits eine stark nach abwärts gerichtete Geschwindigkeit. Auf der Unterseite ist die Ablenkung nach oben erheblich weniger stark, da die Ablösung vom Zylinder früher erfolgt. Im Mittel bleibt daher eine Ablenkung nach unten übrig, die als Reaktion eine nach oben gerichtete Kraft, einen Auftrieb voraussetzt.

[3]) Eine ganz ähnliche Wirkung erreicht man, wenn man die Bildung von Grenzschichtenhäufung durch Absaugen in das Innere der Körpers verhindert.

Noch von einem dritten Standpunkt aus kann man den Vorgang betrachten: Wenn die Flüssigkeit an der Walze vorbeiströmt, so wird der ihr zur Verfügung stehende Querschnitt erst verengt und dann wieder erweitert, ganz ähnlich wie in einem sich erst verengenden und dann sich wieder erweiternden Rohr. Der Vorgang bei der Querschnittserweiterung, wo Geschwindigkeit in Druck umgesetzt wird, ist wegen der dabei auftretenden Wirbelbildungen stets mit erheblichen Verlusten verbunden, besonders, wenn die Erweiterung rasch vor sich geht, wie im hinteren Teile der Walze. Durch die Drehung wird nun auf der einen Seite der Wirkungsgrad der Erweiterung wesentlich verbessert, da sich weniger Wirbel bilden und damit die Verluste kleiner sind. Denken wir uns nun in einem Kanal, Abb. 13, zwei nebeneinander liegende Einschnürungen mit gleichem engsten Querschnitt, aber die eine mit schlanker Erweiterung und entsprechend gutem Wirkungsgrad, die andre mit rascher Erweiterung und entsprechend schlechtem Wirkungsgrad, so wird durch die Öffnung mit gutem Wirkungsgrad wegen des geringeren Widerstandes mehr Flüssigkeit strömen als durch die andere. Wegen der damit verbundenen größeren Geschwindigkeit in der engsten Stelle wird auch der Unterdruck stärker sein (Bernouillische Gleichung; man beachte übrigens die Ähnlichkeit des in der Mitte befindlichen Körpers mit einem Tragflügel). Ähnlich wird auch bei unserer Walze die Flüssigkeit auf der einen Seite, wo die Drehung die Verluste verkleinert, mit größerer Geschwindigkeit vorbeiströmen und tieferen Unterdruck erzeugen als auf der andern. Dieser Druckunterschied ergibt aber einen Auftrieb.

Vielfach wurde in letzter Zeit der Vorgang so dargestellt, daß auf der einen Seite infolge der Drehung die Reibung vermindert ist und deswegen die Flüssigkeit auf dieser Seite schneller ströme. Dies ist insofern irreführend, als die Oberflächenreibung nicht unmittelbar, sondern erst mittelbar auf dem Umweg über die Wirbelbildung die Strömung beeinflußt. Die Kräfte, die infolge der Oberflächenreibung auftreten, wären viel zu klein, als daß sie so weitgehenden Einfluß auf die Strömung ausüben könnten. Die Oberflächenreibung hat nur eine auslösende Wirkung auf die Wirbelbildung und erst die bei der Bewegung der Wirbel auftretenden Kräfte formen das Strömungsbild so weitgehend um.

Alle drei Darstellungen laufen grundsätzlich auf dasselbe hinaus: Die Strömung wird durch die Grenzschicht wesentlich beeinflußt. Die Stärke dieser Beeinflussung wird aber durch die Drehung auf der einen Seite erniedrigt, auf der andern erhöht. Über die Größe des Auftriebes, der bei einer bestimmten Drehzahl zu erwarten ist, läßt sich auf Grund der Theorie bis jetzt nichts Bestimmtes sagen, da die mathematische Verfolgung der Ablösungsvorgänge, wie sie die Prandtlsche Grenzschichtentheorie qualitativ schildert, außerordentlich schwierig ist. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß im Schrifttum gelegentlich auf Grund unrichtiger Vorstellungen die Zirkulation gleich Umfangsgeschwindigkeit mal Umfang der Walze gesetzt und daraus der Auftrieb nach der Schukowskyschen Formel berechnet ist. Dieser Ansatz ist aber ganz unbegründet und das Ergebnis entspricht auch durchaus nicht den Versuchsergebnissen.

Abb. 14 und 15.
Versuchsanordnung zur Ermittlung der Größe des Magnuseffektes.

Versuche.

Die ersten Versuche wurden, wie bereits erwähnt, von dem Berliner Physiker **Magnus** im Jahre 1853 ausgeführt. Sie stellten den Effekt einwandfrei fest, ohne jedoch zur Ermittlung seiner Größe zu führen. Die ersten quantitativen Messungen dürfte der Franzose **Lafay** im im Jahre 1912 ausgeführt haben[1]). Er erhielt aber infolge von Umständen, auf die weiter unten noch eingegangen wird, nur Auftriebe, deren Höchstwert kaum das Doppelte eines guten Tragflügels betrugen, dessen Flügeltiefe gleich dem Zylinderdurchmesser ist. In der Flugtechnik ist gebräuchlich, die Eigenschaften eines Flügels durch die Auftrieb- und Widerstandziffern c_a und c_w zu kennzeichnen. Es ist der Auftrieb

$$A = c_a F \frac{\varrho}{2} v^2,$$

der Widerstand $$W = c_w F \frac{\varrho}{2} v^2.$$

Die resultierende Kraft ist

$$R = \sqrt{A^2 + W^2} = c_r F \frac{\varrho}{2} v^2.$$

Dabei bedeutet F die größte Projektion der Flügelfläche, ϱ die Flüssigkeitsdichte und v die Geschwindigkeit. Für einen guten Flügel ist das höchste erreichbare c_a etwa 1,2 bis 1,4, ungewöhnliche Flügelformen (Spaltflügel und besonders stark gewölbte Flügel) ergeben c_a bis etwa 2. **Lafay** erhielt als Höchstwert $c_a = 1,8$ oder $c_r = 2,4$.

In der **Aerodynamischen Versuchsanstalt Göttingen** der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft hatte in den ersten Jahren nach dem Kriege Dr. **Wieselsberger** versucht, den Magnuseffekt durch genaue Messungen zu klären. Diese Versuche scheiterten aber an technischen Schwierigkeiten und blieben dann liegen, da Dr. **Wieselsberger** aus der Anstalt ausschied. Im Jahre 1923 bot sich Gelegenheit, die Versuche mit wesentlich verbesserten Mitteln auszuführen. In der Göttinger Versuchsanstalt waren zum Antrieb von Modellschrauben, die während der Messung im Windkanal an Flugzeugmodellen unter quantitativ richtigen Betriebsverhältnissen laufen sollen, kleine schnell laufende Motoren von verhältnismäßig hoher Leistung[2]) gebaut worden. Diese waren ausgezeichnet zum Antrieb einer Walze für die Untersuchung des Magnuseffektes geeignet. Aus theoretischen Überlegungen, wie sie im Vorstehenden dargestellt wurden, konnte man nämlich schon erwarten, daß zur Erzielung eines erheblichen Effektes Umfangsgeschwindigkeiten nötig sind, die ein Vielfaches der Windgeschwindigkeit betragen. Wenn man nun Walzendurchmesser und Windgeschwindigkeit in den Grenzen hielt, die aus meßtechnischen Gründen wünschenswert waren, so erhielt man recht hohe Drehzahlen, die aber von den neuen Motoren geliefert wurden. Dipl.-Ing. **Ackeret** benutzte diese günstige Gelegenheit, endlich die Größe des Magnuseffektes zu bestimmen. Die erste Versuchsanordnung war ziemlich einfach. Im Anschluß an eine Düse von 200 × 200 mm² Querschnitt, Abb. 14 und 15, wurden zwei Holzwände in der Verlängerung der seitlichen Düsenwände angebracht. Zwischen den beiden Wänden war eine Walze von 40 mm Durchmesser in Kugellagern drehbar gelagert und von außen durch einen der erwähnten schnellaufenden Motoren angetrieben. Blies man Wind aus der Düse gegen den ruhenden Zylinder, so strömte die Luft hinter der Walze im wesentlichen wagerecht weiter. Ließ man aber nun die Walze umlaufen (Drehsinn wie in Abb. 14 angegeben, der Auftrieb ist dabei nach unten gerichtet), so wurde der Luftstrom nach oben abgelenkt, Abb. 14. Da nun zur Ablenkung des Luftstromes eine Kraft erforderlich ist, die sich nach dem Impulssatz in einfacher Weise berechnen läßt, und diese Kraft nur von der Walze herrühren kann, so konnte aus dem Ablenkungswinkel (er betrug fast 90°) auf die Kraft geschlossen werden. Bereits dieser erste Versuch ergab ungewöhnlich hohe Auftrieb-

[1]) Diese Versuche scheinen in Deutschland ziemlich unbekannt geblieben zu sein. Dipl.-Ing. **Ackeret** wurde erst längere Zeit nach Abschluß seiner Versuche auf diese Arbeit aufmerksam gemacht.

[2]) Der Durchmesser der Motoren in ihrer jetzigen Form beträgt 42 mm, die Länge etwa 180 mm, die größte Drehzahl 3[illegible] Uml/min, die Leistung vorübergehend 1 PS. Diese Motoren werden jetzt von der Firma **Elektroschaltwerk** A.-G. in Göttingen hergestellt.

werte, etwa das Dreifache eines guten Flügels ($c_a = 4$, die genaue Wiedergabe dieser Versuchsergebnisse erübrigt sich, da die Versuche später mit besserer Einrichtung wiederholt wurden, deren Ergebnisse in Abb. 20 und 21 dargestellt sind). Um aber sicher zu sein, ob die Bestimmung des Auftriebs aus der Ablenkung nicht zu falschen Schlüssen führte, wurde die ganze Einrichtung, die Wände mit Walze und Motor, im großen Luftstrom von 4 m² Querschnitt der Aerodynamischen Versuchsanstalt auf einer Tafelwage aufgebaut, mit der der Auftrieb gemessen werden konnte. Auch hierbei ergaben sich dieselben hohen Auftriebwerte.

Dieses immerhin schon sehr bemerkenswerte Ergebnis war jedoch noch immer unbefriedigend, da die Theorie die Möglichkeit noch wesentlich höherer Auftriebwerte offenließ ($c_r = 4\pi = 12{,}6$). Wenn auch ohne weiteres zu erwarten war, daß wegen der mit den Wirbelbildungen zusammenhängenden Störungen und einiger anderer Ursachen der theoretische Höchstwert nicht ganz erreicht werden konnte, so war der Unterschied doch zu groß, um hierdurch erklärt zu werden. Prandtl legte sich deshalb die Frage vor, welche Ursachen einen höheren Auftrieb verhinderten. Eine eingehende Untersuchung des Strömungsverlaufes mittels leichter in den Luftstrom gehaltener Seidenfäden zeigte, daß der Auftrieb hauptsächlich auf den mittleren Teil des Zylinders beschränkt war. Prandtl erklärte sich dies in folgender Weise: Auf der Saugseite des Zylinders herrscht bei dem ungewöhnlich hohen Auftrieb ein ganz außerordentlicher Unterdruck (bei $c_r = 4\pi$ wäre $p_{min} = -15 \frac{\varrho}{2} v^2$, bei $c_a = 0$ ist $p_{min} = -3 \frac{\varrho}{2} v^2$). Seitlich neben dem Zylinder befindet sich aber Luft von gewöhnlichem Druck. Diese wird in das Unterdruckgebiet hineingezogen, Abb. 16, und stört dabei an den seitlichen Enden des Zylinders das Zustandekommen des Magnuseffektes, indem die angesaugte Luft dieselbe Wirkung ausübt wie eine dicke Grenzschicht (vergl. die obige Erklärung für das Zustandekommen des Magnuseffektes). Auch die bei den Versuchen angebrachten Holzwände können das Einströmen von Nebenluft nicht verhindern, da die sich auf der Oberfläche dieser Wände befindende Grenzschicht teils selbst nach der Walzenmitte hin gezogen wird, teils sich unter der Wirkung der starken Druckunterschiede von den Wänden ablöst und so der Außenluft den Zutritt zur Walze ermöglicht, Abb. 17.

Nachdem die Verhältnisse so weit geklärt waren, konnte man daran gehen, ein Mittel zu ersinnen, welches das Einströmen von Nebenluft wirksam verhindert. Prandtl schlug zu dem Zweck vor, an den seitlichen Rändern der Walze Scheiben anzubringen, die über den Walzenumfang vorstehen und mit der Walze umlaufen, Abb. 18. Die Grenzschicht dieser Scheiben befindet sich wegen des Umlaufs annähernd unter denselben Bedingungen, wie die der Walzenoberfläche. Sie hat daher wie diese keine Veranlassung, sich auf der Saugseite abzulösen, ja, sie wird unter der Wirkung der Fliehkraft sogar nach außen getrieben. Der Versuch, der nun mit einer Walze mit Endscheiben ausgeführt wurde, bestätigt die Prandtlsche Überlegung vollständig. Der Auftrieb stieg auf einen Wert $c_a = 9$ ($c_r = 11$). Dieser Wert liegt dem theoretischen Wert so nahe, daß der Unterschied nicht mehr befremdet. Die Störungen des Magnuseffektes durch seitliches Einströmen bei fehlenden Endscheiben machen sich um so mehr geltend, je kürzer die Walze bei gegebenem Durchmesser ist. Bei sehr langen Walzen wird die Störung verhältnismäßig gering und die Endscheiben sind nicht mehr von so ausschlaggebender Bedeutung. Darin liegt auch die Erklärung, warum wir in Göttingen auch ohne Scheiben schon erheblich höhere Werte wie Lafay erhielten; die von Lafay benutzte Walze war nämlich kürzer. Eine Nachprüfung mit einer solchen Walze, wie sie Lafay benutzte, bestätigte dessen Ergebnisse.

Mit diesen Ergebnissen war die Frage des Magnuseffektes durch Versuch und Rechnung im wesentlichen geklärt. Die Versuche sollten nur noch mit etwas besseren Mitteln wiederholt werden, um die Werte mit einer den Göttinger Ansprüchen genügenden Genauigkeit zu bestimmen. In diesem Stande erfuhr Direktor Flettner von diesen Ergebnissen. Er ging damals mit dem Gedanken um, die Segel eines Schiffes durch starre tragflügelartige Körper zu ersetzen und ließ in der Aerodynamischen Versuchsanstalt Versuche zu diesem Zwecke ausführen. Mit dem ihm eigenen Scharfblick erkannte er die ganz besondre Eignung dieser neuen Ergebnisse für seine Absichten, das Schiffsegel durch geeignetere Anordnungen zu ersetzen. In den meisten Fällen, in denen Auftriebkräfte technisch zur Anwendung kommen, würde die Erzeugung des Auftriebes mit Hilfe des Magnuseffektes sehr hohe Drehzahlen erfordern, welche so große technische Schwierigkeiten mit sich bringen, daß die Vorteile dadurch hinfällig werden.

Beim Segelschiff liegen die Verhältnisse besonders günstig: Die für die Höchstleistung in Frage kommenden Windgeschwindigkeiten sind niedrig (5 bis 10 m/s), demnach bleiben auch die Umfanggeschwindigkeiten in mäßigen Grenzen (etwa bis 30 m/s). Die Durchmesser der Walzen betragen stets einige Meter, so daß sich auch bei den höchsten Umfanggeschwindigkeiten nur mäßige Drehzahlen ergeben, die keine unangenehmen Resonanzerscheinungen befürchten lassen. Anderseits sind die Vorteile sehr erheblich: Dadurch, daß der größte Auftrieb bei laufenden Walzen rd. 30 mal so groß ist als der Widerstand, den die ruhenden[1]) bei gleicher Windstärke erfahren, so übt auch der stärkste Sturm auf die ruhenden Flettner-Walzen keine größeren Kräfte aus als ein mäßiger Wind bei günstiger Drehung der Türme. Während man beim gewöhnlichen Segelschiff die Kräfte durch Setzen und Wegnehmen von Segeln der Windstärke anpassen muß, genügt hier ein einfaches Ändern der Drehzahl, die durch Anstellen der Elektromotoren mittels zweier Handräder bewirkt werden kann. Wesentlich für diese Möglichkeit waren die von Ackeret gefundenen ungewöhnlich hohen Auftriebswerte. Dadurch lassen sich die Abmessungen der Türme in so mäßigen Grenzen halten, daß sie im Sturm das Schiff nicht gefährden. Hätte man z. B. die Türme auf Grund der Lafayschen Messungen berechnen wollen, so hätten sie die fünffache Fläche haben müssen, was kaum ausführbar gewesen wäre. Die leichte Anpaßfähigkeit an die Windstärke gestattet, stärkere Winde in viel höherem Maß auszunutzen, als es beim gewöhnlichen Segel möglich ist. Bei diesem muß man immer befürchten, daß man bei zunehmender Windstärke die Segelfläche nicht schnell genug verkleinern kann, und man kann daher nicht so viel Segel

[1]) Aus Abb. 20 ergibt sich das Verhältnis des größten Auftriebes zum Widerstand der ruhenden Walze zu 10 : 1; aber es war bekannt, daß die Widerstandziffer bei den für Schiffe in Betracht kommenden Geschwindigkeiten und Abmessungen auf etwa 1/3 bis 1/4 des Wertes heruntergeht, der bei den Verhältnissen beim Versuch maßgebend war. Der Versuchskörper befand sich natürlich im unterkritischen Zustand der Segelturm dagegen im überkritischen. Vergl. z. B. Ergebnisse der aerodynamischen Versuchsanst. zu Göttingen, 2. Lief. S. 23 u. f.

Abb. 16. Einfluß des hohen Unterdruckes auf die Luft an den Zylinderwänden.

Abb. 17. Einströmen von Nebenluft trotz fester Wände.

Motor

RZ 968 Z 17-19

Abb. 18. Durch Anbringen von umlaufenden Scheiben an den Zylinderenden wird das Einströmen von Nebenluft verhindert.

Abb. 20. Versuchsergebnisse mit einem umlaufenden Zylinder, 70 mm Dmr., 330 mm Länge, Windgeschwindigkeit $v = 11$ m/s.

Abb. 21. Auftriebsbeiwerte eines umlaufenden Zylinders von 70 mm Dmr. und 330 mm Länge ohne Endscheiben und mit Endscheiben von 120 und 140 mm Dmr., Windgeschwindigkeit $v = 11$ m/s.

setzen, wie das Schiff noch gerade verträgt. Beim Walzenschiff kann man viel schärfer an diese Grenze herangehen. Dazu kommt noch, daß sich die Wirkung von Böen auf die Walze wesentlich weniger bemerkbar macht als beim gewöhnlichen Segel. Bei diesem nimmt die Kraft mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zu. Beim Rotor wird bei Zunahme des Windes und unveränderlicher Drehzahl das Verhältnis von Umfangsgeschwindigkeit zu Windgeschwindigkeit kleiner und damit verkleinert sich auch die Kraft, so daß diese weniger stark als das Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt (angenähert nimmt sie mit der ersten Potenz der Geschwindigkeit zu). Auch navigatorisch bieten die Walzen Vorteile; man kann damit bei richtiger Bemessung höher an den Wind herangehen als beim gewöhnlichen Segelschiff und kann vor allem beim Wenden die Drehung des Schiffes durch die Türme bequem und sehr wirksam unterstützen. Zu diesem Zweck läßt man die Türme in entgegengesetztem Drehsinn laufen, sie üben dann beim Wind in der Längsachse ein wirksames Drehmoment aus.

Diese großen Vorteile, welche die umlaufenden Zylinder bieten, mögen Flettner bewogen haben, seinen Entschluß, den Magnuseffekt für Segelschiffe auszunutzen, trotz aller Bedenken wegen der technischen Ausführungsschwierigkeiten mit Energie weiter zu verfolgen. Die weiteren Versuche in Göttingen wurden mit Unterstützung der Flettner-Gesellschaft durchgeführt. Durch sie wurden die Eigenschaften der umlaufenden Walzen im allgemeinen noch genauer als bisher festgestellt. Bei diesen Versuchen war der Motor in der Walze selbst untergebracht. Die Anordnung geht aus Abb. 19 hervor. Die aus den Walzen vorstehenden Wellenenden bzw. die dort befindlichen Kugellager waren durch Drähte mit den normalen Wägeeinrichtungen des Windkanals verbunden. Auf diese Weise war es möglich, außer dem Auftrieb auch den Widerstand der Walzen und das zu ihrem Antrieb erforderliche Moment zu messen. Um die Momentenmessung zu ermöglichen, war auch der Motor selbst mittels des in Abb. 19 ganz rechts dargestellten Lagers drehbar angeordnet und nur durch einen an eine Wage angeschlossenen Hebel am Drehen verhindert. Einige Ergebnisse dieser Messungen sind in Abb. 20 und 21 dargestellt. Weitere Versuche befaßten sich mit dem Verhalten der Türme auf dem Schiff. Zu dem Zweck wurde ein Modell des Schiffes hergestellt. Die darauf befindlichen Türme konnten wieder durch eingebaute schnellaufende Motoren in Drehung versetzt werden. Das ganze Schiff mit den laufenden Türmen hing bei den Messungen wieder mit Drähten an den Wagen.

Abb. 19. Umlaufende Walze mit eingebautem Motor für die genaueren Messungen im Windkanal.

Neben diesen Versuchsarbeiten wurden in Göttingen die ersten konstruktiven Entwürfe für den Einbau in das Schiff bearbeitet, die auch später im wesentlichen beibehalten wurden. Hierbei wurden wir in weitem Maße durch die energische Mitarbeit von Dipl.-Ing. Croseck unterstützt, den die Flettner-Gesellschaft nach Göttingen geschickt hatte. Die weitere konstruktive Bearbeitung und die Ausführung erfolgte dann auf der Germaniawerft in Kiel. Diese hat die teilweise recht schwierigen Aufgaben in mustergültiger Weise gelöst. Als besonders bemerkenswerte Leistung möge z. B. erwähnt werden, daß beim Laufen der 2,8 m dicken und 15 m hohen Türme mit 120 Uml./min an Bord weder merkliche Geräusche zu hören, noch Schwingungen zu fühlen waren.

Ich hoffe, daß die vorstehenden Ausführungen dazu beitragen, einerseits das für weite Kreise geheimnisvolle Wunder des Magnuseffektes etwas aufzuklären, anderseits aber auch zu zeigen, daß so umwälzende technische Fortschritte nur auf dem Boden wachsen, der durch lange wissenschaftliche und praktische Vorarbeiten vorbereitet ist. Es möge damit die Mahnung ausgesprochen werden, daß man über die Ernte die Aussaat nicht vergessen soll, indem man den wissenschaftlichen Forschungsstätten ihre Arbeit nach Möglichkeit erleichtert. [B 968]

Die Umwandlung der Kohle in Öle[1].

Von Prof. Dr. Franz Fischer, Mülheim-Ruhr.

Es wird die Möglichkeit der Ölgewinnung bei der Tieftemperaturverkokung der Kohle, der Hydrierung der Kohle und der Synthese aus Gasen besprochen.

Die praktische Bedeutung der Umwandlung der Kohle in Öle, d. h. in flüssige Brennstoffe, ist für die einzelnen Länder verschieden, je nachdem diese arm oder reich an Erdöl sind. Von allgemeiner Bedeutung aber ist es, daß die Chemie schon jetzt die Möglichkeiten untersucht und vermehrt, die gestatten, feste Brennstoffe ganz oder teilweise in flüssige zu verwandeln.

Destruktive Destillation.

Um die Wege zu finden, die die Umwandlung der Kohle in Öle ermöglichen, wäre es für den Chemiker wichtig gewesen, Genaues über die chemische Konstitution der Kohle zu wissen, d. h. aus welchen chemischen Individuen sie aufgebaut ist. Die Beantwortung dieser Frage haben Praxis und Wissenschaft jedoch nicht abgewartet. Das destruktive Verfahren der trockenen Destillation, das zur Gewinnung von Leuchtgas und Hüttenkoks schon seit langem in Anwendung ist, lieferte die ersten ölartigen Erzeugnisse aus Kohle, den bekannten Teer und aus dem Gase das Benzol. Die Ausbeuten an Öl sind jedoch hierbei verhältnismäßig gering, einesteils weil die destruktive Destillation der Kohle überhaupt nur die Umwandlung bestimmter Bestandteile der Kohle in Öl gestattet und weil die Hochtemperaturverkokung im Hinblick auf die Ölgewinnung einen besonders ungünstigen Fall der destruktiven Destillation vorstellt. Der Grund für die geringe Ölausbeute liegt darin, daß die praktischen Bedürfnisse, d. h. die Gewinnung von Hüttenkoks oder von Leuchtgas, die Anwendung hoher Temperaturen von etwa 1000°C im Destillationsraum vorschreiben, so daß der zunächst in viel größerer Ausbeute entstehende Urteer, in seiner Menge vermindert und in seiner Beschaffenheit verändert, als Kokereiteer gewonnen wird. Dieser eignet sich infolge seines hohen Gehaltes an festen Bestandteilen, wie Naphthalin und Anthrazen, weniger als flüssiger Betriebstoff. Anderseits ist er infolge seines Reichtums an aromatischen Verbindungen der wertvollste Rohstoff für die organische chemische Industrie geworden.

Um größere Mengen von Öl durch destruktive Destillation der Kohle zu erhalten, muß man bei möglichst niedriger Temperatur arbeiten. Das Hineinstürzen der Kohle in glühende Kammern und Retorten, so zweckmäßig es bei der Leuchtgasgewinnung und Kokerei ist, darf bei der Tieftemperaturverkokung nicht angewandt werden. Es ist zwar bekannt, daß die Steinkohlen von geringen Mengen (0,1 bis 0,5 vH) öliger Stoffe imprägniert sind, aber die bei der trockenen Destillation entstehenden Öle bilden sich im wesentlichen durch die thermische Zersetzung humus-, harz- und wachsartiger Bestandteile, also durch Destruktion größerer organischer Moleküle. Aus dieser Überlegung ergibt sich die Temperatur, welche die höchste Ausbeute an Öl bei der Tieftemperaturverkokung gewährleistet. Es ist die Zersetzungstemperatur der bituminösen Bestandteile, die je nach der Art der Bestandteile zwischen 300 und 450°C liegt. Jede höhere Temperatur ist von Nachteil, weil sie die entstandenen Öle unter Bildung von Koks und Gas weiter verändert. Aber nicht nur das Überschreiten der Zersetzungstemperatur des Bitumens muß vermieden werden, sondern es muß auch dafür gesorgt sein, daß die entstandenen Öle nicht länger auf ihrer Entstehungstemperatur verweilen als unbedingt notwendig. Sie müssen also rasch aus dem Destillationsraum entfernt und abgekühlt werden, andernfalls werden ihre hydroaromatischen Bestandteile dehydriert und in aromatische umgewandelt oder ihre aliphatischen Bestandteile in gasförmige Körper, wie Äthylen und Methan, zerlegt.

Die Ölgewinnung auf dem Wege der Tieftemperaturverkokung kann ausgeführt werden mit Hilfe von stehenden oder sich drehenden Gefäßen, mit äußerer oder innerer Wärmezufuhr, durch einen reinen Destillationsvorgang unter Gewinnung von Halbkoks, Urteer und Gas. Man kann aber auch mit Hilfe von Gaserzeugern die Vergasung der Halbkoks unmittelbar anschließen, so daß sich im unteren Teil die Vergasung der Halbkoks, im oberen Teil die Entgasung der Kohle mit Hilfe des aufsteigenden heißen Generatorgases vollzieht. Schließlich kann man auch die Tieftemperaturverkokung mit der Verbrennung der Halbkoks verbinden, indem man geeignete Schwelschächte vor mechanische Feuerungen baut, auf dem Roste den Halbkoks abbrennt und einen Teil des heißen Rauchgases zwecks Abschwelung der Kohle durch den Schwelraum durchsaugt.

Wenngleich die Ölgewinnung aus Steinkohle auf dem Wege der Tieftemperaturverkokung auch im Gaserzeuger oder bei Feuerungen im vorgebauten Schwelschacht stattfinden kann, so bietet doch das reine Destillationsverfahren unter Gewinnung von Halbkoks besondere Vorteile, u. a. auch den, daß ein wertvolles Schwelgas von rd. 9000 kcal gewonnen werden kann (etwa 70 m³ auf 1 t Kohle), daß der Urteer vollständiger gefaßt werden kann, und daß aus dem verhältnismäßig kleinen Gasvolumen die leichtsiedenden Bestandteile, das Benzin, sich besser gewinnen lassen als aus den großen Gasmengen eines Gaserzeugers, wo das Schwelgas durch das Generatorgas etwa auf das 70fache Volumen verdünnt ist.

Während aber bei der Ölgewinnung mit Hilfe des Gaserzeugers oder bei Schwelschächten vor der Feuerung keine Halbkoks gewonnen werden, und infolgedessen ihre Beschaffenheit nicht in Frage kommt, spielt beim reinen Destillationsverfahren die Festigkeit und Dichte der Halbkoks eine große Rolle. Sind sie doch dort bei einer Ausbeute von rd. 70 vH (bei Gasflammkohle) zahlenmäßig das Haupterzeugnis der Destillation. Ohne besondere Maßnahmen entstehen infolge des Blähens der Kohle beim Destillieren mit wenigen Ausnahmen nur sehr poröse und leicht zerbrechliche Halbkoks. Es ist aber möglich, ein dichtes und festes Material zu erzeugen, und zwar am einfachsten dadurch, daß die Verdichtung im Ofen selbst vor sich geht während des Stadiums, wo die Kohle plastisch ist. Wege hierzu sind von Parr und Olin mit Hilfe eines Kolbens und später von mir durch Einlegen einer Walze in einen Drehofen gezeigt worden. Leider muß aber festgestellt werden, daß eine praktische Durchführung dieses Gedankens bisher in der Technik nicht möglich war, sondern daß man sich genötigt sah, die entstehenden konstruktiven Schwierigkeiten zu umgehen. Man brikettierte den porösen und zerbrechlichen Halbkoks nachträglich mit Pech, vergaste ihn in Gaserzeugern, setzte ihn als Magerungsmittel bitumenreichen Kohlen bei der Verkokung zu oder verwendete ihn seiner leichten Mahlbarkeit wegen zur Kohlenstaubfeuerung. Am zweckmäßigsten wäre es, von Schlammkohle oder Feinkohle ausgehend, unter Benutzung der sich von selbst einstellenden Plasitizität stückige dichte Halbkoks zu erzeugen, also einen wertvollen rauchlosen Brennstoff. Solange man diesen richtigen Weg aus konstruktiven Gründen nicht beschreiten kann, wird das eigentliche Ziel der so außerordentlich wichtigen Tieftemperaturverkokung nur hinsichtlich der Ölgewinnung, nicht aber hinsichtlich der rauchlosen Kohle erreicht.

Eine Übersicht über die Urteerausbeuten und deren Zusammensetzung bei verschiedenen Steinkohlen gibt Zahlentafel 1.

Die nähere Zusammensetzung eines aus Gasflammkohle gewonnenen Urteeres ergibt sich aus dem Schema nach Abb. 1. Derartiger Steinkohlenurteer ist bei gewöhnlicher

Zahlentafel 1. Urteerausbeuten bei verschiedenen Steinkohlen.

Kohlenart	Urteer wasserfrei rd. vH	Gehalt der Urteere an festem Paraffin vH	Phenolen vH
Magerkohle	1,5	?	0
Fettkohle	3.5	1 bis 2	15 bis 20
Gaskohle	8	1 „ 2	rd. 30
Gasflammkohle . . .	12	1 „ 2	rd. 45
Kennelkohle	29	?	5 bis 10

[1] Beitrag zur Weltkraftkonferenz London 1924.

Temperatur vollkommen flüssig und zeigt nur geringfügige Ausscheidungen von Paraffin. Sein spezifisches Gewicht beträgt bei 25 °C etwa 1,04, sein Heizwert etwa 9000 kcal/kg.

Auf der linken Seite des Schemas sind die neutralen Bestandteile, auf der rechten die Phenole dargestellt, die in den einzelnen Feldern befindlichen Zahlen haben folgende Bedeutung: 1. Teerbenzin, 2. nichtviskose Öle, 3. viskose Öle, 4. neutrale, paraffinhaltige Harze, 5. halbfeste saure Harze, 6. flüssige höhere Phenole, 7. Basen. Dieses Schema ergibt sich, wenn der Teer mit überhitztem Wasserdampf destilliert wird. Bei Destillation unter gewöhnlichem Druck wird ein großer Teil der viskosen Anteile zerstört.

Aus dem Verhalten beim Sieden unter gewöhnlichem Druck, Abb. 2, erkennt man, daß nur etwa 10 bis 15 vH unterhalb 200 ° sieden, der ganze Rest siedet zwischen 200 und 400 °. Die Fraktion 200 bis 250 ° ist am reichlichsten vertreten.

Hydrierung der Kohle.

Im Gegensatz zu der destruktiven Destillation bietet die Hydrierung einen Weg, die Kohle bis zur Hälfte, nach manchen Angaben sogar noch weitergehend, in ölartige Substanzen umzuwandeln. Geht man von einer jungen Steinkohle von der Zusammensetzung: 82,2 vH Kohlenstoff, 8,7 vH Sauerstoff aus, so handelt es sich im wesentlichen darum, ihr den Sauerstoff möglichst zu entziehen und durch Wasserstoff zu ersetzen, bzw. so lange Wasserstoff an die Moleküle anzulagern, bis flüssige oder leicht schmelzbare kohlenwasserstoffähnliche Verbindungen entstanden sind. Eine derartige Hydrierung hat zuerst Berthelot mit konzentrierter Jodwasserstoffsäure ausgeführt, eine Arbeitsweise, die allerdings technisch nicht anwendbar ist. Ebenso wie Jodwasserstoff spaltet auch Natriumformiat in der Wärme leicht Wasserstoff im status nascendi ab, der sich zur Sauerstoffentziehung und Wasserstoffanlagerung besonders eignet. Das Natriumformiat geht dabei in Karbonat über und kann aus letzterem mit Kohlenoxyd wieder regeneriert werden. Trotzdem ist dieses Verfahren kostspielig, da Druckvorrichtungen bei 400 ° C erforderlich sind und eine ununterbrochene Arbeitsweise mit festen Substanzen in solchen praktisch schwierig ist. Schrader und ich mischten z. B. rheinische Braunkohle mit dem doppelten Gewicht Natriumformiat unter Zugabe der gleichen Menge Wasser und erhitzten im Autoklaven 3 h auf 400 ° C. Hierbei wurde die Braunkohle zu 45 vH ätherlöslich, der Ätherextrakt ergab ein dickflüssiges hochsiedendes Öl als Destillat, das auch durch Destillation aus dem Reaktionserzeugnis unmittelbar gewonnen werden kann.

Abb. 1. Zusammensetzung eines Urteeres aus Gasflammkohle.

Der durch Hydrierung der Braunkohle erhaltene Ätherextrakt ist bei gewöhnlicher Temperatur salbenartig fest, seine durchschnittliche Elementarzusammensetzung ist: 86 vH Kohlenstoff, 8,6 vH Wasserstoff, 5,4 vH Sauerstoff. Er ist also nicht sauerstofffrei. Die Siedekurve des daraus durch Destillation entstandenen Öles zeigt Abb. 3.

Ähnliche Ergebnisse erhält man, wenn die Hydrierung statt mit Natriumformiat mit Kohlenoxyd in Gegenwart von Wasser ausgeführt wird. Statt des Natriumformiats dürfte hier die vorübergehend entstehende Ameisensäure die wirksame, d. h. wasserstoffabgebende Substanz sein. Kohlenoxyd wurde unter hohem Druck bis zu 140 at angewendet, als günstigste Temperatur erwies sich auch hier 400 ° C.

Die Hydrierung der Braunkohle mit molekularem Wasserstoff nach Bergius hatte weniger günstige Ergebnisse, die Ausbeute betrug nur etwa die Hälfte des mit Kohlenoxyd und Wasser erhaltenen Erzeugnisses.

Die durch Hydrierung erhaltenen Reaktionserzeugnisse sind nur teilweise flüssig, der andere Teil ist fest, aber löslich. Setzt man der zu hydrierenden Kohle Teeröl zu, so wie Bergius tut, so lösen sich die nur löslichen Teile auf, und die ganze Kohle scheint flüssig geworden. Im ganzen betrachtet, scheint mir die unmittelbare Hydrierung der Kohle einstweilen kein praktisch gangbarer Weg, um zu wertvollen flüssigen Betriebstoffen zu kommen, so bemerkenswert er auch ist. Scheinbare Umwege führen zu günstigeren und wertvolleren Ergebnissen.

Abb. 2. Siedeverlauf des aus Gasflammkohle gewonnenen Urteeres.

Synthese aus Gasen.

Kohlenoxyd läßt sich als solches oder in Form von Wassergas leicht aus beliebigen festen Brennstoffen durch Vergasung gewinnen. Man weiß schon seit langem, daß die thermische Zersetzung gewisser Formiate, wie z. B. des Kalziumformiats, das aus Kalziumhydroxyd und Kohlenoxyd unter Druck leicht gewonnen werden kann, wasserlösliche Stoffe wie Methanol und Azeton und in geringer Menge wasserunlösliche, ölartige Erzeugnisse liefert.

Das Kalziumformiat zersetzt sich bei 420 bis 430 ° C nach der Gleichung:

$$2\,Ca(HCO_2)_2 = 2\,CaCO_3 + 2\,CH_2O = 2\,CaCO_3 + CH_4O + CO.$$

Aus zwei Molekülen Kalziumformiat kann also theoretisch 1 Molekül Methanol erhalten werden. Tatsächlich erhält man bei der thermischen Zersetzung des Kalziumformiats gegen 50 vH der Theorie, bei Bariumformiat fast 75 vH. Viel ungünstiger ist Lithiumformiat, die anderen Alkaliformiate liefern überhaupt nichts. Methanol ist jedoch kein günstiger Betriebstoff, besser sind die höhersiedenden Öle.

Statt die Formiate aus Kohlenoxyd unter Druck herzustellen und dann wieder durch Hitze zu zersetzen, war es denkbar, sie in einem Kontaktverfahren nur intermediär auftreten zu lassen oder die katalytische Reduktion des Kohlenoxyds durch Wasserstoff unter Druck zu versuchen.

Die einzigen Angaben hierüber fanden sich bis vor kurzem in der Patentliteratur. Die Badische Anilin- und Sodafabrik gibt dort an, Kohlenwasserstoffe flüssiger oder leicht zu verflüssigender Art zu erhalten, wenn Gemische von Wasserstoff und Kohlenoxyd, insbesondere mit überschüssigem Kohlenoxyd, bei Temperaturen von 300 bis 400 ° C

Abb. 3. Siedeverlauf des durch Hydrierung von Braunkohle mit Natriumformiat und Destillation entstandenen Öles.

und einem Druck von etwa 100 at über gewisse Kontaktmassen geleitet werden. Später haben Tropsch und ich über die Gewinnung ölartiger Erzeugnisse auf ähnlichem Wege berichtet, die aber praktisch frei von Kohlenwasserstoffen waren und in der Hauptsache aus höheren Alkoholen und Ketonen bestanden. Wir haben dieses synthetische Ölgemisch Synthol genannt und seine Bildungsweise und Eigenschaften genauer untersucht.

Als geeigneten Kontakt fanden wir Eisenspäne, die mit Alkali imprägniert waren, als geeignetes Gas Wassergas, und zwar möglichst solches mit Wasserstoffüberschuß. Die Temperatur darf in gewissen Grenzen schwanken, etwa zwischen 390 und 430 ° C. Zweckmäßig hat sich eine Temperatur von 410 ° C erwiesen, das Wassergas war auf einen Druck von 100 bis 150 at verdichtet.

Die Herstellung des Synthols nach diesem Kontaktverfahren scheint uns leichter durchführbar als z. B. das Habersche Ammoniakverfahren, weil die notwendigen Temperaturen geringer sind und auch die Stahlröhren nicht brüchig werden. Dagegen machte sich anfangs eine besondere Schwierigkeit bemerkbar. Wenn man nämlich nicht die richtigen Bedingungen einhält, z. B. die Temperatur zu hoch steigen läßt oder zuviel Kohlenoxyd im Gas hat, dann findet die unerwünschte Reaktion: $2\,CO = C + CO_2$, statt. Durch die Kohlenstoffabscheidung wird das Kohlenoxyd verbraucht und die Apparatur verstopft. Ist jedoch alles in Ordnung, dann bildet sich wochenlang ohne Störung neben wenig wässriger Flüssigkeit ein Öl mit folgenden Eigenschaften: hellgelb, dünnflüssig, Geruch nach Amylalkohol und Azeton, in jedem Verhältnis mischbar mit Alkohol, Benzol und Benzin. Stockpunkt —30 ° C, $D_4^{20} = 0{,}8289$ und Heizwert 7540 kcal. Elementaranalyse: 69,3 vH Kohlenstoff, 12,25 vH Wasserstoff, 18,46 vH Sauerstoff.

Den Siedeverlauf stellt Abb. 4 dar. Man sieht, daß fast 88 vH des Rohsynthols unter 200 ° C sieden. In der Tat hat es sich gezeigt, daß das Synthol als ausgezeichneter leichtsiedender Betriebstoff angesehen werden darf. Es ist trotz des geringeren Heizwertes anscheinend dem Benzol noch überlegen, wie wir durch Fahrversuche festgestellt haben.

Bevor auf die Frage nach den Ausbeuten, bezogen auf das Wassergas, geantwortet werden kann, muß darauf hingewiesen werden, daß beim Durchgang durch das Kontaktrohr immer nur ein verhältnismäßig geringer Teil des Gases, etwa 8 bis 10 vH, in der gewünschten Richtung umgesetzt wird. Wenn nach Verlassen des Kontaktrohres die Reaktionserzeugnisse bei Zimmertemperatur abgeschieden werden, was ohne Druckentlastung geschehen kann, so bildet sich beim abermaligen Überleiten über den Kontakt von neuem der entsprechende Gleichgewichtbetrag an Synthol. Leitet man in dieser Weise das verdichtete Wassergas über denselben Kontakt, so können bis zu 30 vH vom Heizwert des Wassergases in Form von Synthol erhalten werden, außerdem hinterbleibt ein heizkräftiges Gas.

Diese Ergebnisse sind, wie ich ausdrücklich hervorheben will, noch verbesserungsbedürftig, aber auch verbesserungsfähig. Sie sind aber für die Zukunft von besonderer Bedeutung, weil zur Herstellung des Wassergases die Koks oder Halbkoks jedes beliebigen Brennstoffes Verwendung finden können und weil sich so die Synthol-gewinnung unmittelbar an die Urteergewinnung anschließen läßt. Gibt erstere rd. 10 bis 12 vH vorwiegend über 200 °C siedende Urteeröle, so erhält man von den Halbkoks auf dem Wege über das Wassergas das hauptsächlich unter 200 °C siedende Synthol.

Was die Theorie des Syntholprozesses angeht, so kann man einstweilen annehmen, daß als erstes Erzeugnis mit Hilfe des wasserstoffübertragenden Eisens nach der Gleichung: $CO + H_2 = CH_2O$, Formaldehyd entsteht, und daß dann je nach der Imprägnierung des Eisens der Formaldehyd sich zu mehr oder weniger kohlenstoffreichen Alkoholen und Ketonen kondensiert.

Daß unter gewissen Bedingungen die Alkohole des Synthols in benzinartige Kohlenwasserstoffe übergehen, haben wir ebenfalls zeigen können; es ist dazu nur notwendig, das Synthol längere Zeit auf 400 °C für sich allein unter Druck zu erhitzen. Aus den Alkoholen spaltet sich dann Wasser ab, und die entstehenden Olefine gehen in Naphthene über. Das auf diese Weise aus Synthol entstehende Benzin bzw. erdölartige Erzeugnis haben wir Synthin genannt.

Praktische Bedeutung dürfte die Synthinherstellung kaum haben, dagegen möchte ich nicht unterlassen, auf Beziehungen hinzuweisen, die zur Erdölbildung vorhanden sein können. Wenn man annehmen darf, daß sich in tieferen Erdschichten durch Einwirkung von Wasserdampf auf freien oder Karbid-Kohlenstoff Wassergas bildet, so besteht die Möglichkeit, daß das unter hohem Druck aufsteigende Wassergas in höheren, etwa 400 ° heißen Erdschichten, die Eisen und Alkalien oder Erdalkalien enthalten, teilweise in Synthol übergeht und daß dieses sich weiterhin in Synthin, d. h. naphthenisches Erdöl verwandelt. Tatsächlich entweichen aus Vulkanen auch wasserstoff- und kohlenoxydhaltige Gase, wie Moissan an einer Gasprobe vom Mont Pelé nachgewiesen hat. Für die Frage nach der Lage und der Dauer der Erdölvorkommen ist es deshalb nicht ohne Wert, daß außer den biologisch entstandenen Erdölen auch aus Wassergas gebildetes vorkommen, ja sogar in geeigneten Tiefen dauernd erzeugt werden könnte.

Schluß.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß aus Kohlensäure und Wasserstoff beim Überleiten über unsern Kontakt zunächst kein Synthol entsteht, sondern vorwiegend Wasser und Kohlenoxyd. Wird aber jeweils das Wasser durch Abkühlung auf Zimmertemperatur ausgeschieden und das übrigbleibende Gasgemisch ohne Druckentlastung immer wieder über den Kontakt geleitet, so bildet sich schließlich aus diesem Gase Synthol. Bei den Arbeiten über die Umwandlung der Kohle in Öle hat sich also damit herausgestellt, daß es wenigstens grundsätzlich, und wenn es unbedingt nötig sein müßte, möglich wäre, aus den Bestandteilen der Luft und des Wassers flüssige Motorenbetriebstoffe zu erzeugen, wenn nur geeignete Kraftquellen, z. B. Wasserkraftanlagen, zur Verfügung stehen. Die Kohlensäure könnte man der Luft entziehen und den Wasserstoff elektrolytisch gewinnen. Man würde damit Brennstoffe auf Wegen erzeugen, die sich denjenigen nähern, die die Natur im Assimilationsvorgang in unübertrefflicher Weise beschreitet.

Abb. 4. Siedeverlauf des nach dem Kontaktverfahren gewonnenen Synthols.

Zusammenfassung.

1. Die destruktive Destillation gestattet nur gewisse Bestandteile der Kohle in Öle zu verwandeln. Dabei handelt es sich im wesentlichen um eine Zertrümmerung größerer Moleküle des Bitumens zu kleineren. Etwa 10 vH des Tieftemperaturteeres sind leichtsiedend und benzinartig, der größere Teil siedet über 200 °C.

2. Theoretisch ist es möglich, die Kohle durch Hydrierung vollkommen in Kohlenwasserstoffe umzuwandeln. Nach den bisherigen Beobachtungen entsteht jedoch nur teilweise eine Verflüssigung, der Rest der Kohle wird lediglich löslich. Die Hydrierungserzeugnisse der Kohle sind im wesentlichen hochsiedend.

3. Eine weitere Möglichkeit der Umwandlung der Kohle in Öle bietet sich durch die Synthese aus Gasen. Im Gegensatz zu der destruktiven Destillation und der Hydrierung werden hier aus kleineren Molekülen größere synthetisiert. Vergast man Kohle zu Wassergas, so läßt sich das Wassergas durch ein Hochdruck-Kontaktverfahren in synthetische Öle verwandeln. Das synthetische Ölgemisch, Synthol, siedet fast vollständig unter 200 °C und ist als Motorenbetriebstoff an Stelle von Benzin oder Benzol verwendbar. [B 807]

Neue Bauart von Kühltürmen.

Von Dr.-Ing. Barck, München.

Beschreibung eines einschließlich des Schlotes ganz in Eisenbeton ausgeführten Kühlturmes; statische Verhältnisse und Ausführungseinzelheiten. Vorzüge der Eisenbetonbauweise bei Kühltürmen.

Während für Unterbauten von Kühltürmen, also für das Sammelbecken, die Auffangschale und die eigentlichen Turmfundamente schon seit Jahren fast nur noch der Eisenbeton als Baustoff in Betracht kam, war die Herstellung des eigentlichen Kühlturmschlotes bis in die jüngste Zeit dem Eisen- und Holzbau vorbehalten geblieben. Dies lag wohl in der Hauptsache daran, daß der Schlot bei normalem Herstellungsverfahren als dünne, zwischen Schalungen gegossene Betonkonstruktion verhältnismäßig sehr viele Schalung und Rüstung erforderte, wodurch natürlich die Wettbewerbfähigkeit mit Eisen und Holz stark beeinträchtigt wurde. Anderseits müssen Eisen- und Holzkonstruktionen ständig sorgfältig unterhalten werden. Nötig ist: Anstrich der Eisenteile und Erneuerung der Holzverschalung in verhältnismäßig kurzen Zwischenräumen, diese Arbeiten außerdem mit Betriebsunterbrechungen verbunden, so daß man immer bestrebt war, auch für die Schlote eine massive Bauweise in Anwendung bringen.

In dem Augenblick, wo ein Verfahren zur Herstellung des dünnwandigen Schlotes ohne besondre Schalung gefunden wurde, mußte sich der Eisenbeton auch für diesen Bauteil dem Eisen und dem Holz wirtschaftlich überlegen erweisen und wird wohl nun auch hier dank den sonstigen sich bietenden Vorteilen, wie längere Lebensdauer, geringe Unterhaltungskosten, Feuersicherheit usw., die übrigen Baustoffe mehr oder weniger in den Hintergrund drängen.

Ein solches Mittel zum Ersparen der Schalung zeigte sich in der Verwendung von fertig versetzten B e t o n f o r m s t e i n e n, die durch Einlage einer Längs- und Querbewehrung in den Fugen und Hohlräumen der Steine zu einem einheitlichen Ganzen verbunden werden. Es ergibt sich so eine ähnliche Bauart, wie sie schon seit einigen Jahren beim Herstellen von Eisenbetonschornsteinen und anderen turmähnlichen Industriebauten, z. B. Kalktürmen, bekannt ist.

Im nachfolgenden soll nun die Konstruktion eines derartigen vollständig in Eisenbeton unter Ausschluß aller andern Baustoffe errichteten Kühlturmes beschrieben werden, der im Jahre 1922/23 von der Firma Wayß & Freytag, A.-G., Niederlassung Halle, für ein großes Werk in Mitteldeutschland gebaut worden ist.

Abb. 1 zeigt eine Gesamtansicht des fertigen Bauwerkes, zugleich mit einem daneben stehenden älteren Kühlturm in Eisenkonstruktion mit Holzverschalung und einem dritten, nur teilweise sichtbaren hölzernen Kühlturm.

Die Hauptabmessungen und die Gesamtanordnung des Bauwerks sind aus Abb. 2 und 3 ersichtlich. Die rechteckige Auffangschale mit dem in ihrem Innern liegenden vertieften Sammelbecken ist außen 31,3 m breit und 39,3 m lang. Die Höhe des gesamten Bauwerkes über Erdoberfläche beträgt 35 m, wovon der eigentliche Turmaufbau 25 m umfaßt. Der sich nach oben schwach verjüngende Turm hat rd. 21 m oberen lichten Durchmesser.

Die Herstellung der Auffangschale und des Sammelbeckens wie der Kühlturmstutzen bis auf Kote 111,0 m erfolgte in der üblichen, normalen Eisenbetonbauweise und bietet nichts Außergewöhnliches, so daß hier auf eine eingehende Beschreibung verzichtet werden kann. Erwähnt

RZ608Z1

Abb. 1. Kühlturm aus Eisenbeton, rechts neben älteren Kühltürmen in Holz- und Eisenkonstruktion.

sei nur, daß bei diesem Kühlturm außer der Auffangschale auch die Verteilschale vollständig in Eisenbeton, und zwar mit möglichst wenig Trägern und großen kreuzweise bewehrten Deckenfeldern, ausgebildet wurde.

Der eigentliche Turm, der hauptsächlich auch des gefälligen Aussehens halber nicht rund, sondern als regelmäßiges Zwölfeck ausgebildet wurde, ist von Höhe des unteren Ringträgers an vollständig, einschließlich der in den Kanten des Zwölfecks liegenden Aussteifungsstutzen, in fertig versetzten Betonformsteinen, also ohne Schalung aufgemauert.

Der Turm wurde nach folgenden Gesichtspunkten statisch untersucht: Der auf die Wandflächen treffende Wind wird zunächst durch die biegungsfest ausgebildete Platte nach den Kanten hin übertragen, worauf die dort vereinigt angreifenden Kräfte jeweils nach den Ebenen der anstoßenden Flächen zerlegt werden, die sie in ihren Ebenen auf Biegung beanspruchen. In den Kanten setzen sich die von den beiden anstoßenden Seiten infolge der Biegung hervorgerufenen Zug- und Druckkräfte zusammen und die resultierende Kraft wird durch eine entsprechende, in den Eckrippen untergebrachte Bewehrung aufgenommen. Sehr zum Vorteil ergibt sich dabei, daß infolge des Eigengewichtes des Turmes Zugspannungen in den Kanten überhaupt nicht auftreten.

Die als Träger dienenden Wandflächen des Turmes übertragen die Winddrücke nach dem Kopf- und Fußring des Schlotes, die ihrerseits dazu dienen, die zunächst nur windseitig angreifenden Kräfte auf den ganzen Umfang des Schlotmantels zu verteilen. Zu diesem Zweck ist eine kraf-

tige Bewehrung in die beiden Ringe eingelegt. Die Ringe selbst sind als kontinuierliche, durch einseitigen Winddruck beanspruchte Ringträger berechnet, und zwar unter der ungünstigen Annahme, daß der Ring nur an zwei einander gegenüberliegenden Stellen gestützt ist.

Längsschnitt a-b

Abb. 2 und 3. Hauptabmessungen und Gesamtanordnung des Kühlturms.

Schnitt c-d Schnitt e-f

Abb. 3.

Abb. 4 und 5 zeigen einige Einzelheiten der Formsteine für Wand- und Eckstützen. Die normalen Formsteine für die Wandflächen sind rd. 32 cm hoch und 50 cm lang bei 18 cm Wanddicke. Die mit vier versetzten Fugen gemauerten Hohlsteine enthalten je zwei senkrecht durchgehende Öffnungen von je 10×15 cm², so daß Wanddicken von 4 cm für die Steine entstehen. In den Lagerflächen der Steine sind zwei in der Längsrichtung durchgehende Vertiefungen in jedem Formstück angeordnet, die das Einlegen einer inneren und äußeren wagerechten Bewehrung ermöglichen. Die Bewehrung der Wände besteht aus wagerechten inneren und äußeren Rundeisen, die in jeder Fuge in die Nuten der Steine eingelegt sind, und ebensolchen senkrechten Eisen in den Hohlräumen der Steine. In den Hohlräumen der Eckrippen ist zur Aufnahme der dort wirkenden Zug- und Druckkräfte eine stärkere Bewehrung untergebracht, die durch Bügel in den Fugen zusammengehalten wird.

Der Hauptvorteil der hier beschriebenen Bauweise besteht, wie schon erwähnt, in der starken Kostenverminderung durch den Fortfall der Schalung, wodurch es erst möglich wurde, bei den Kühlturmwänden auch hinsichtlich der Herstellungskosten mit anderen Bauweisen erfolgreich in Wettbewerb zu treten. Bei Berücksichtigung des Umstandes, daß Eisenbetonbauten bei fast unbegrenzter Lebensdauer so gut wie keine Unterhaltungskosten erfordern, erweist sich noch weiter die Überlegenheit dieser neuen Bauart über Kühltürme aus Holz oder solche aus einem Eisengerippe mit Holzverschalung. Bei der Herstellung der aus Formsteinen gemauerten Eisenbetonkühltürme ergibt sich noch als weiterer Vorteil gegenüber gewöhnlichen Eisenbetonbauten die erhebliche Beschleunigung im Baufortgang infolge des Wegfalls aller Schalungen und der sonst notwendigen Abbindezeit, da schon während der Betonierung des Unterbaues sämtliche Steine für Wände und Stützen mit verhältnismäßig wenig Formen fertiggestellt werden können, so daß sofort nach Fertigstellung des Unterbaues mit dem Hochmauern begonnen werden kann.

Durch die hier beschriebene Ausführung ist der Beweis erbracht, daß bei geeigneter Wahl der Bauweise der Eisenbeton nicht nur wie bisher für die Unterbauten, sondern auch für den eigentlichen Turm, also für sämtliche Bauarbeiten bei Kühltürmen mit den bisher üblichen Baustoffen den Wettbewerb in jeder Beziehung aufnehmen kann.

Zu den Vorteilen in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht, die sich durch die vollständige Herstellung des Kaminkühlers in Massivkonstruktion ergeben, tritt noch der Vorzug der günstigen architektonischen Wirkung des

Bauwerkes, das, obwohl es lediglich aus der Zweckmäßigkeit heraus entstanden ist und bei dem schon der Kostenfrage wegen auf jede künstliche Architektur verzichtet wurde, dennoch durch Form und Abmessungen eindrucksvoll wirkt. Durch die Formsteine mit ihren deutlich sichtbaren Fugen werden die großen, sonst etwas eintönig wirkenden Flächen des Turmmantels in vorteilhafter Weise belebt.

Der innere Einbau wurde wie bei älteren Ausführungen bei dem hier beschriebenen Kühlturm noch in Holzbauweise ausgeführt, doch sei hier darauf hingewiesen, daß in jüngster Zeit erstrebt wird, daß bisher allein für die Einbauten verwandte Holz ebenfalls durch Massivkonstruktionen von langer Lebensdauer zu ersetzen. Die Firma Wayß & Freytag A.-G. hat im letzten Winter eingehende Versuche mit neuartigen, patentgeschützten Eisenbetonbrettern von nur rd. 2 cm Dicke vorgenommen, die sich vollauf bewährt haben. Diese Bretter erhalten beiderseits eine fein verteilte Eiseneinlage aus ganz dünnen Stahldrähten, die den Platten eine große Widerstandsfähigkeit gegen Temperatureinflüsse, die bei den Kühlturmeinbauten in der Hauptsache in Frage kommen, gibt. Auch die Festigkeit der Bretter ist infolge der feinen Verteilung der Eisen eine außerordentlich groß, so daß sich die Bretter außer für den Innenbau auch für die Ausfachung der durch Wind beanspruchten Wandflächen bei bereits bestehenden eisernen Kühltürme eignen. [B 608]

Abb. 4 und 5. Formsteine für Wand- und Eckstützen.

Alte Brücken in Pennsylvanien.

Drei etwa 50 Jahre alte Brücken in Pennsylvanien von eigenartiger Bauart, deren eine kürzlich unter einer Last von 12 t eingestürzt ist, behandelt ein Aufsatz in der Zeitschrift „Engineering News-Record" Bd. 93 (1924) Nr. 14. Die erste, eingestürzte, bestand aus einem Bogensehnenträger, dessen obere Gurtung, etwa von elliptischer Form, aus einem einzelnen I-Träger von 229 mm Höhe, die untere aus zwei Stangen von 102 × 22 mm² Querschnitt mit einem Gitterwerk von leichten gußeisernen senkrechten und gekreuzten 25 mm dicken schrägen Stäben hergestellt war. Die hölzernen Fahrbahnbalken ruhten unmittelbar auf dem unteren Gurt, und hin und wieder angebrachte Streben zwischen Obergurt und Fahrbahnbalken stützten die Träger in aufrechter Lage. Der Einsturz ist wahrscheinlich durch Verdrehung der Träger und Ausbiegen der oberen Gurtung hervorgerufen worden unter einer die rechnungsmäßige um das Dreifache überschreitenden Last.

Die beiden andern Brücken haben ebenfalls geraden Unter- und gekrümmten Obergurt, dieser hat jedoch Röhrenquerschnitt, der in dem einen Fall aus vier Segmenten mit Flanschenverbindung gebildet ist, im andern Falle nur aus einem einzigen, gebogenen, 6,4 mm dicken Blech, Abb. 1 und 2. Die flanschenartigen, zusammenschließenden Enden des Obergurtes umfassen die Gitterstäbe, und an diese wieder ist die untere Gurtung, ein Blech von 357 × 12,5 mm², angenietet. [M 914] Bu.

Abb. 2. Schnitt durch das Tragwerk.

Abb. 1. Alte Brücke in Pennsylvanien.

Veränderung von Schmier- und Isolierölen.

Die Veränderungen der Güte von Schmier- und Isolierölen im praktischen Gebrauch mit ihren unliebsamen Folgeerscheinungen für den Betrieb haben bereits seit einigen Jahren zu Untersuchungen über die Ursache dieser Veränderungen Veranlassung gegeben. Nach den eingehenden Beobachtungen an einer großen Anzahl von Maschinen darf man jetzt als sicher annehmen, daß in allen Fällen, in denen Alterungserscheinungen der Öle auftreten, die Anwesenheit bzw. die Einwirkung des Sauerstoffes der Luft als eine Ursache der Ölveränderung, wenn nicht als die Ursache überhaupt, anzusprechen ist.

Nach Prof. Dr. Frank, Berlin, der sich eingehend mit den Vorgängen der Ölzersetzung in der Dampfturbine befaßt hat[1]), geht die Zersetzung in der Weise vor sich, daß infolge der Einwirkung von Sauerstoff auf das Öl zunächst Säuren und sekundäre Zersetzungserzeugnisse, sodann aus dem Lagermetall bzw. aus dem Eisen der Welle Metallverbindungen der Säuren gebildet werden. Die Lagermetalle stellen hierbei zum Teil verbindende Massen für die Übertragung des Luftsauerstoffes auf die Öle dar.

Die Salze der Säuren gehen im weiteren Verlauf in das Öl, teilweise auch in das Kondensationswasser über. Bei dem ständigen Durchmischen von Wasser und Öl entstehen dadurch neue Zersetzungen, in denen immer wieder Luftmassen in Gegenwart der Kontaktsubstanzen, als die die Seifen anzusehen sind, mit den Mischungen in Berührung kommen. Schließlich werden die zuerst gebildeten hochmolekularen Sauerstoffverbindungen der Kohlenwasserstoffe abgebaut, außerdem entstehen emulsionsbildende Lösungen der Seifen in Wasser.

Die Widerstandfähigkeit gegen die Zersetzung durch Sauerstoff ist bei den einzelnen Ölen verschieden. Ihre Untersuchung läßt sich wahrscheinlich auf der Verteerungszahl als Grundlage aufbauen; denn das, was bei der Verteerungszahl gebildet wird, ist auch der Stoff, der als Verunreinigung in Form von Säure oder Säureabkömmlingen beim Gebrauch der Öle in der Turbine entsteht. Alkalische Wasserzuschläge fördern die Seifen- und vor allem die störende Schaumbildung. Ein besondres Übel stellen die mechanischen Verunreinigungen, zumal harte, schleifende Teile, dar, wie denn überhaupt der nicht ordnungsmäßige Betrieb die gekennzeichneten Übelstände wesentlich verschlimmert.

Auch bei Transformatorölen sind gleichartige Ursachen für die Zersetzung gefunden worden. Was sich im Transformator als harzige, in Öl gelöste Masse, als Schlamm usw. bildet, ist ebenfalls mehr oder weniger Oxydationserzeugnis. Eine Behandlung mit Methylalkohol zur Regeneration gebrauchten Öles hat gute Ergebnisse gezeitigt. Auch das eingebaute Holz spielt bei Transformatoren eine erhebliche Rolle. Die erfolgreichen Arbeiten von v. d. Heyden, Typke und Stäger liefern für den Transformatorenbau wertvolle Hinweise und Handhaben für die Abwehr von Schäden. [N 905] K. S.

[1]) „Petroleum" Bd. 20 (1924) S. 1488.

CHRONIK 1924.

Wie zu Beginn der vergangenen Jahre bringen wir in den ersten Heften des neuen Jahrganges kurzgefaßte Übersichten über die Entwicklung und den Stand der einzelnen Zweige des Ingenieurwesens, soweit bemerkenswerte Fortschritte zu verzeichnen sind. Die Fachgebiete sind nach folgenden Hauptgruppen geordnet: Maschinenwesen (Kraft- und Arbeitsmaschinen) und Elektrotechnik — Rohstoffe (Gewinnung und Verarbeitung) sowie technologische Fachgebiete — Bauingenieurwesen — Verkehrswesen (Land-, Wasser- und Luftverkehr, Nachrichtenwesen) — Gesundheitsingenieurwesen — Gemeinsame Arbeitsgebiete (Wärmewirtschaft, Materialprüfung, Normung, Patentwesen, Unterricht, Technische Physik, Mathematik).

Dampfkraftanlagen.

Auf den Bau und Betrieb der Dampfkraftanlagen wirkten im vergangenen Jahre zwei Ereignisse ein: Der Übergang von der Inflation zur festen Währung und die Freigabe der Ruhrkohle. Sie ermöglichten es, Entschlüsse wieder nach wirtschaftlichen Grundsätzen zu treffen. Der in den Zeiten des Kohlenmangels besonders betonte Gesichtspunkt der Kohlenersparnis ist nurmehr ein Faktor der Forderung nach möglichst kleinen Gesamtkosten. Die allgemeine Geldknappheit verhindert außerdem nur zu oft, daß wirtschaftlich als richtig erkannte Maßnahmen aus Mangel an Mitteln durchgeführt werden können. Alle diese Umstände führen dazu, daß die in früheren Jahren vorwiegend vom wärmetechnischen Standpunkt aufgestellten Entwicklungslinien sorgfältig wirtschaftlich nachgeprüft und vielfach auch berichtigt werden müssen.

Feuerungen Nachdem der freie Wettbewerb wieder hergestellt ist, beginnt der Anwendungsbereich zwischen den einzelnen Kohlensorten sich klarer abzugrenzen. Der Rohbraunkohle bleibt besonders in Mitteldeutschland ein ausgedehntes Absatzgebiet. Sie wird in steigendem Maß auf mechanisch bewegten Rosten verfeuert. Besonders bei Kohlen mit hohem Aschengehalt findet man an Stelle von Treppenrosten Vorschub- und Unterschubfeuerungen, Schwing-, Kaskaden- und Raupenroste. Je größer die Kesseleinheiten, desto weitergehend muß Kohlenzufuhr, Beschickung des Kessels und Schlackenabfuhr mechanisiert werden. Braunkohlenbriketts werden von der nunmehr wieder verfügbaren Steinkohle bei Industriefeuerungen teilweise verdrängt. Die Kohlenstaubfeuerung[1]) findet neuerdings auch in Deutschland steigende Beachtung. Es sind bereits eine größere Anzahl von Anlagen in Bau, die wohl mit zur Lösung der noch bestehenden technischen Schwierigkeiten beitragen werden. Zur Vermahlung eignen sich neben Steinkohlengrus besonders sehr aschenreiche und schlackende Steinkohlen sowie Halbkoks. Die Frage der wirtschaftlichen Verschwelung der Rohbraunkohle zur Halbkoksgewinnung ist in großem Maßstab noch nicht endgültig gelöst.

Kessel Über die Wahl des Dampfdruckes für Kraftanlagen brachte die Hochdrucktagung des V. d. I.[2]) einige Klarheit. Schien es zunächst, als ob man mit einer sprunghaften Erhöhung des Dampfdruckes rechnen müsse, so geht die neueste Entwicklung auf eine vorsichtige Erhöhung auf etwa 30 bis 40 at. Die wenigen im Bau befindlichen Anlagen mit noch höherem Druck können nur als Versuchs-, nicht als Betriebsanlagen bezeichnet werden. Die technische Lösung der Verwendung höchster Dampfdrücke ist im wesentlichen geglückt, doch ergeben Wirtschaftlichkeitsberechnungen, daß wenigstens bei den bisherigen Kesselbauarten und für Kraftanlagen mit Kondensationsbetrieb höherer Druck als etwa 40 at kaum mehr Vorteile bringt. Als Kesselbauarten eignen sich Steilrohrkessel mit möglichst wenigen Trommeln von geringem Durchmesser und Sektionalwasserrohrkessel. Ob sich umlaufende Kessel (Atmoskessel) in größerem Umfang einführen, scheint zweifelhaft. Die hohen Drücke erfordern teilweise den Übergang zu hochwertigerem Werkstoff und zur besonders sorgfältigen Überwachung der Herstellung.

Maschinen Der Wettbewerb zwischen Kolbenmaschine und Turbine geht weiter. Bei Kondensationsbetrieb hat die Turbine durch die Verbesserung der Brünner Bauart und der Konstruktionen einiger andrer Firmen wichtige Fortschritte gemacht und die Kolbenmaschine in das Gebiet immer kleinerer Leistungen verdrängt. Dagegen bietet die Steigerung des Dampfdruckes und die zunehmende Bedeutung von Gegendruckmaschinen auch der Kolbenmaschine, wieder bessere Aussichten, da deren guter Wirkungsgrad im Hochdruckteil von der Turbine kaum erreicht werden kann. Höchste Drücke bieten weder für die Kolbenmaschine noch für die Turbine wesentliche Schwierigkeiten, dagegen ist Anwendung hoher Temperaturen, die durch die hohen Drücke bedingt sind, in beiden Fällen noch nicht einwandfrei gelöst. In der Frage der Zwischenüberhitzung und abgestuften Speisewasservorwärmung ist bisher mehr theoretisch als praktisch gearbeitet worden. Den unbestrittenen thermischen Vorzügen steht der Nachteil gegenüber, daß die Anlage dadurch sehr verwickelt wird. Sollte sich die Speisewasservorwärmung durch Anzapfdampf durchsetzen, so müssen die Rauchgase zur Erhitzung der Verbrennungsluft ausgenutzt werden. In Anlagen, die bereits jetzt Speisewasser mit Abdampf vorwärmen, haben sich diese Rauchgaslufterhitzer allein oder neben Rauchgasvorwärmern gut bewährt.

Dampfspeicheranlagen Auch in Deutschland sind in diesem Jahre mehrere Ruthsdampfspeicher in Betrieb gekommen, doch läßt sich an der Hand der wenigen Veröffentlichungen über Versuchsergebnisse noch kein abschließendes Urteil fällen. Einwandfrei steht fest, daß sie in Betrieben, die zur Fabrikation sehr stark schwankende Heizdampfmengen brauchen, große Vorteile auf fabrikatorischem Gebiet gewähren. Ob auch der Kesselwirkungsgrad so günstig beeinflußt wird, wie nach einigen früheren Versuchen anzunehmen war, ist noch nicht geklärt. Auch steht noch nicht fest, ob beim Übergang zu höherem Druck die geringe Elastizität der Kessel bei Schwankungen durch Einbau von Speichern ausgeglichen werden muß, oder ob die Anpaßfähigkeit der Feuerungen hinreichend vergrößert werden kann (Kohlenstaubfeuerung).

Rohrleitungen und Kondensationsanlagen Den in Rohrleitungen auftretenden Verlusten wird neuerdings erhöhte Beachtung geschenkt. Bei Untersuchungen über die günstigste Dampfgeschwindigkeit tritt besonders der günstige Einfluß von Absperrorganen mit geringem Widerstand zutage. Im Kondensatorbau sucht man den Wärmeübergang zu verbessern, um dadurch kleinere Kühlflächen zu erhalten. Der Gebrauch von Wasserstrahl- und Dampfstrahlluftpumpen soll die Luftleere verbessern und die Betriebsicherheit erhöhen. Im Gegensatz zu umfangreichen theoretischen Erkenntnissen im Kraftmaschinenbau und dem Bedürfnis nach wissenschaftlicher Durchdringung des Dampfkesselbaues wird auf dem Gebiet der Kondensationsanlagen noch weitgehend mit Erfahrungszahlen gearbeitet. Die Hindernisse für eine wissenschaftliche Behandlung sind zwar groß, aber die Verbesserungsmöglichkeiten gerade auf diesem Gebiet stecken lohnende Ziele.

[N 942] Pauer.

Verbrennungskraftmaschinen.

Gasmaschinen Aus dem Jahre 1924 ist über die Gasmaschine nichts Wesentliches zu berichten. Weder ihr Anwendungsgebiet noch ihre konstruktiven Merkmale und ihre Arbeitsverfahren haben im verflossenen Jahr in Deutschland, wie in den andern in Betracht kommenden Industriestaaten, eine bemerkenswerte Entfaltung erfahren. Für den deutschen Gasmaschinenbau mag die Beobachtung von Interesse sein, die man auf der Wembley-Ausstellung[3]) machen konnte und die zeigte, daß man in Großbritannien große Gasmaschinenleistungen durch vielzylindrige, stehende, einfachwirkende Viertakt-Schnelläufer zu erreichen sucht, die z. B. von der National Gas Engine Co. in Ashton under Line gebaut werden. Die von Crossley Brothers in Manchester gebauten doppeltwirkenden Vierzylinder-Großgasmaschinen, von denen eine Zeichnung ausgestellt war, dürften den deutschen Maschinenbau kaum zur Nachahmung reizen. Je zwei Zylinder sind übereinander mit gemeinsamer Kolbenstange angeordnet. An den beiden Kolbenstangen der beiden Zylinderpaare greift ein dreieckförmiges Kunstkreuz an, dessen dritter Punkt am Kurbelzapfen der Hauptwelle wirkt.

Ölmaschinen Die mit verhältnismäßig niedriger Vorverdichtung und mit entsprechend hohem Brennstoffverbrauch arbeitende Glühkopfmaschine scheint vor allem den großbritannischen Maschinenbau zu weiterer Entwicklung anzuregen, wofür die zahlreichen Ausführungsformen in der Wembley-Ausstellung Zeugnis ablegten[3]). In Deutschland, in Skandinavien wie in den Vereinigten Staaten ist man dagegen in erster Linie bestrebt, die Dieselmaschine so zu vereinfachen und zu verbilligen, daß man ihr Arbeitsverfahren selbst für kleinere Maschinen mit wirtschaftlichem Erfolg anwenden kann, ohne daß die Auswahl des Brennstoffes eingeengt oder die Zuverlässigkeit der Bedienung erschwert würde. Die zweite Entwicklungslinie ist die Anpassung der Dieselmaschine an große Leistungen und verfolgt dies Ziel nach zwei Richtungen. Die erste sucht die schnellaufende Maschine, die sich im Unterseeboot bewährt hat, diesem Zwecke dienstbar zu machen; man kuppelt daher die entsprechende Anzahl verhältnismäßig kleiner Zylinder, die wieder in Gruppen zu selbständigen Maschinensätzen zusammengefaßt sein können. Die andre Richtung erstrebt die Ausbildung möglichst großer doppeltwirkender Zylinder, die im Viertakt oder

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1021.
[2]) Sonderheft „Hochdruckdampf" der Z. 1924.
[3]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1228.

Zweitakt arbeiten und deren Kolben auf eine Kurbelwelle von verhältnismäßig niedriger Drehzahl einwirken. Diese Entwicklung hat in Deutschland und in den Vereinigten Staaten zu doppeltwirkenden Zweitaktmaschinen geführt, die an der normalen Anordnung des feststehenden Zylinders und des in ihm beweglichen Kolbens festhalten und ihre kennzeichnenden Merkmale in der Zylinderkonstruktion und im Spülverfahren erblicken. In Deutschland ist bereits eine Maschine von 15 000 PS mit neun Arbeitszylindern für die Spitzenbelastung eines Elektrizitätswerks im Entstehen begriffen, s. Z. Bd. 68 (1924) S. 1086. Auf britischem Boden ist man vor verwickelten Abweichungen vom normalen Aufbau der Maschine nicht zurückgeschreckt und hat eine doppeltwirkende Zweitaktmaschine geschaffen, bei der die beiden Zylinderdeckel im Raume feststehen, Kolben und Zylinder sich aber zur Herbeiführung des Arbeitsvorganges in Abhängigkeit von getrennten Kurbelgetrieben bewegen (J. C. M. Maclagan).

Anwendungsgebiet großer Dieselmaschinen

Alle Entwicklungsformen der großen Dieselmaschinen sind durch deren Anwendung als Schiffsmaschinen veranlaßt worden. In der letzten Zeit hat man das früher bereits verfolgte Ziel der Diesellokomotive aufgegriffen, deren Eigenart neue Aufgaben stellte[1]). Die Einschaltung der elektrischen Energieform erweist sich durch Anschaffungskosten und Brennstoffverbrauch nur als eine Zwischenlösung, während man das Endziel auf einem Wege zu suchen hat, der die mechanische Leistung der Dieselmaschine ohne Energieumformung auf den Radumfang überträgt. Diese Problemstellung bedingt Zwischengetriebe, die teils mit Druckflüssigkeit, teils mit Druckluft arbeiten. Die Aufgabe der Diesellokomotive ist hiermit auf die Frage des Zwischengetriebes zurückgeführt, von dessen weiterer Entwicklung unter Anpassung an die besonderen Forderungen des Lokomotivbetriebes die Möglichkeit der Diesellokomotive abzuhängen scheint. Im gegenwärtigen Zeitpunkt sind alle diesbezüglichen Fragen noch so im Fluß, daß man auf Vor- und Nachteile der einzelnen Bauarten noch nicht eingehen kann. Auf britischem Gebiet verspricht man sich für die Diesellokomotive von der Stillmaschine einen großen Erfolg, da diese von vornherein die Verbindung der Dieselmaschine mit der Dampfmaschine bezwecke und in dem Dampfmaschinenbestandteil die Fähigkeit zur Erzeugung großer Anfahrdrehmomente habe.

Anwendungsgebiet kleiner Dieselmaschinen

Die kleine schnellaufende Dieselmaschine zum Antrieb von Kraftwagen bildet auf Grund der in Europa obwaltenden Preisunterschiede zwischen leicht- und schwersiedenden Brennstoffen den Zielpunkt zahlreicher Bemühungen, die zu bemerkenswerten Erfahrungen geführt haben. Die druckluftlose Brennstoffeinspritzung und die restlose Heranziehung der verfügbaren verdichteten Luftladung zur Verbrennung bilden unter Berücksichtigung der gebotenen hohen Drehzahlen den Kernpunkt der Schwierigkeiten, die es zu überwinden gilt.

Wirtschaftliche Dieselmaschinenaufgaben der Gegenwart

Das Dieselmaschinen-Verfahren macht die genaue Kenntnis des eigentlichen Verbrennungsmechanismus im steigenden Maße zur Vorbedingung für die erfolgreiche Beherrschung der gestellten Aufgaben. Im vergangenen Jahr ist unser Wissen über die Selbstzündung der verschiedenen Brennstoffe dadurch bereichert worden, daß Versuche über die Abhängigkeit der Selbstzündungstemperatur vom Druck abgeschlossen wurden. Es würde verdienstvoll sein, wenn die nächste Zukunft über den Verlauf der Verbrennung an sich mit Rücksicht auf Verdampfung und Vergasung in Abhängigkeit von den zahlreichen maßgebenden Zustandsfunktionen des in der verdichteten Luft befindlichen Brennstoffnebels näheren Aufschluß brächte.

In bezug auf alle Zweitaktvorgänge ist die weitere Aufklärung der Spülvorgänge dringend erwünscht, da an deren ungenügender Beherrschung viele Maschinen gescheitert sind.

Bei großen Zweitakt-Maschinenanlagen kann das Einströmgeräusch der großen Luftmengen in die dafür bestimmte Rohrmündung in deren Umgebung störend wirken. Es wäre wertvoll, der Ursache und der Vermeidung dieses Geräusches auf die Spur zu kommen. [N 970] Nägel.

Wasserkraft-Maschinen und -Anlagen.

Großkraftanlagen

Die großen Wasserkraftanlagen in Bayern[2]) sind, wie geplant, im verflossenen Jahr in Betrieb gekommen, während sich die Fertigstellung der Werke am Neckar wegen der rückständigen Bauarbeiten verzögert hat. Im Schwarzenbachwerk in Baden ist die Rohrleitung und die gesamte Maschinenanlage eingebaut. Mit den beiden großen 28 000 PS-Drillings-Freistrahlturbinen[3]) ist der Probebetrieb aufgenommen worden.

Erwähnenswert sind zwei für die Anlage Kahlenberg bei Mülheim an der Ruhr von Amme, Giesecke & Konegen, Braunschweig, sowie F. Schichau, Elbing, gebaute Turbinen, weil hier meines Wissen zum erstenmal bei dem kleinen Gefälle von 3,5 bis 5 m große Turbinen mit wagerechter Welle, hochgesaugtem Oberwasserspiegel und Stirnradübersetzung zum Stromerzeuger verwendet werden. Die Größtleistung dieser Zweifachturbinen beträgt je rd. 2800 PS bei 55 Uml./min und 600 Umdrehungen der Dynamomaschine.

Von großen Anlagen sei noch die von Escher, Wyß & Cie., Zürich, für die Anlage Kanidera in Japan gebaute Spiralturbine mit senkrechter Welle genannt, die die bisher größte in Europa ausgeführte Radleistung von 38 400 PS bei 134 m Gefäll und 300 Uml./min aufweist. Im übrigen ist von neuen großen Anlagen im verflossenen Jahr wenig zu berichten. In- und Ausland halten mit Aufträgen zurück, so daß allgemein ein gewisser Stillstand im Wasserkraftausbau festzustellen ist. Neuere Anzeichen lassen eine Besserung erhoffen, die sich aber offenbar nur sehr langsam durchsetzen kann.

Flügelradturbinen

Für den Wasserturbinenbau ist das wichtigste Ergebnis des Jahres 1924 der Fortschritt, ja man kann wohl sagen, der Sieg der Propeller- und Kaplanturbinen. Die neuerdings bekannt gewordenen einwandfreien Bremsergebnisse von Schnelläufern mit spezifischen Drehzahlen $n_s = 400$ bis 1000 zeigen erstaunlich gute Wirkungsgrade, die im Höchstfalle 90 vH erreichen und selbst bei dem höchsten n_s noch bis 85 vH ansteigen. Es hat sich dabei ergeben, daß bis $n_s = 600$, ja bis 700 noch Flügelräder gebaut werden können, die nicht unter die Kaplanpatente fallen, während darüber sich nur mit kurzen Laufradschaufeln, also ohne Überdeckung, noch brauchbare Wirkungsgrade erzielen lassen. Bei den festen Laufradschaufeln muß bei hohen spezifischen Drehzahlen der Abfall des Wirkungsgrades mit zurückgehender Beaufschlagung in Kauf genommen werden, während der Vorteil der drehbaren Kaplanschaufeln im Laufrade dann immer mehr zur Geltung kommt und sich in einer Wirkungsgradkurve ausdrückt, die von voller bis auf ⅓ Beaufschlagung herunter nahezu auf gleicher Höhe bleibt.

Die Versuche über den Einbau der Propeller- und Kaplanturbinen, besonders auch hinsichtlich der zulässigen Höhenlage des Laufrades über dem Unterwasserspiegel, sind so weit gediehen, daß die führenden Firmen einwandfreie und betriebsichere Vorschläge machen können.

Noch nicht vollständig geklärt ist die Frage der zweckmäßigsten Saugrohrform, und es werden sowohl die von Kaplan vorgeschlagenen Saugrohre und Saugrohrkrümmer als auch die alten Formen verwendet. Wahrscheinlich läßt sich hier auf verschiedenen Wegen das gleiche Ziel erreichen.

Außer den im vorjährigen Bericht erwähnten Turbinen sind inzwischen eine Reihe von Propeller- und Kaplanturbinen bei den Firmen I. M. Voith, Heidenheim, Escher, Wyß & Cie., Ravensburg, und Fr. Neumeyer A.-G., München, in Arbeit, die Leistungen bis 3000 PS in einem Rad aufweisen und für Anlagen in Deutschland und Österreich bestimmt sind[4]).

Kleinturbinen

Erwähnenswert ist die Durchbildung kleiner und billiger Turbinensätze für selbständige Kleinwasser-Kraftanlagen. Einen Anstoß hierzu hat der von verschiedenen Elektrizitätsfirmen aufgenommene Bau von kleinen Gleichstrommaschinen mit gleichbleibender Spannung bei veränderlichen Drehzahlen gegeben[5]). Die Turbine hat keinerlei Regulierorgane, braucht also auch keinen Regler und nimmt mit dem Stromerzeuger je nach der Belastung Umlaufzahlen an zwischen der normalen und der Durchbrenndrehzahl. Um solche Turbinen in Reihen und dadurch besonders billig herstellen zu können, muß man ihre Größe mit Rücksicht auf das wechselnde Gefälle zweckmäßig abstufen. Wenn irgend möglich, wird die Turbine mit dem Gleichstromerzeuger zu einem geschlossenen Maschinensatz zusammengebaut, wie dies bei ausreichendem Gefälle von der Firma Fritz Neumeyer A.-G. gemacht wird. [N 943] Fr. Oesterlen.

Pumpen und Kompressoren.

Pumpen

Die Überlegenheit der Kreiselpumpen gegenüber denjenigen mit hin- und hergehenden Kolben kommt für Förderung großer Wassermengen immer mehr zur Geltung. Zur Erhöhung der Schluckfähigkeit erhalten die Laufräder Schaufelformen, wie sie bei Francisturbinen bekannt sind, sogar die dort üblichen drehbaren Leitschaufeln werden bei großen Modellen verwandt, womit man die Kennlinie ohne Änderung der Drehzahl einem stark veränderlichen Betrieb besser anpassen kann.

Gewaltige Abmessungen erhalten insbesondere die Pumpen für Druckwasser-Speicheranlagen in Wasserwerken, die gegenwärtig gebaut werden (Schwarzenbachwerk u. a.). Die mit Abfallstrom betriebenen Maschinen haben große Wassermengen in hoch gelegene Sammelweiher zu fördern, die in der Zeit der Spitzenbelastung ausgenutzt werden sollen. Im vergangenen Jahr sind Bohrlochpumpen für größere Tiefen verwandt worden, wobei der über Tag aufgestellte Elektromotor mit der Pumpe durch eine 70 bis 80 m lange Welle verbunden ist. Mit der zwingenden Not-

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 198 u. 849; vergl. a. ebenda S. 937.
[2]) Z. Bd. 66 (1922) S. 1013; Bd. 67 S. 1 u. f., S. 211 u. f., S. 462; Bd 68 S. 319.
[3]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1161 u. f.

[4]) Z. Bd 68 (1924) S. 319 und 1290.
[5]) Vergl. A.E.G.-Mitteilungen 1924, Heft 1[illegible]

wendigkeit, den noch vorhandenen Sumpfboden für die Bebauung nutzbar zu machen, steigt der Bedarf an Kreiselpumpen auch in der Landwirtschaft fortwährend.

Kompressoren Die Verwendung der Turbogebläse hat in hüttentechnischen Betrieben weitere Fortschritte gemacht, seitdem es gelungen ist, das bei Verminderung der Fördermenge auftretende labile Verhalten (Pumpen) der bewegten Luftmengen wirksam einzuschränken und Regelungen zu schaffen, die dem Hochofen- und Stahlwerksbetrieb genügen. Hier hat sich die Dampfturbine als vorzügliche Antriebmaschine erwiesen. Mit den im letzten Jahr erreichten bedeutenden Verbesserungen in der Wirkungsweise der Dampfkraftanlagen (Hochdruck, Vorwärmung der Verbrennungsluft und des Speisewassers usw.) ist ohne Zweifel die Frage der Gichtgasverwertung zugunsten des Dampfturbinenbetriebes entschieden. Statt der schweren Großgasmaschine mit angehängtem Kolbengebläse wird in Zukunft der mit Gichtgas geheizte Dampfkessel mit Turbine und Turbogebläse den Wind für den hüttenmännischen Betrieb liefern. Diese Anlage ist nicht nur viel billiger in Anschaffung und Wartung, sondern sie wird auch wirtschaftlicher arbeiten, sobald die bei der Hochdrucktagung des V. d. I. in Aussicht gestellten Verbesserungen allgemein in der Praxis eingeführt sein werden. Den Kolbenkompressoren bleibt das Gebiet der hohen Drücke unbestritten erhalten. Die Verfahren zur Verflüssigung von Luft und andern Gasen verlangen Enddrücke von 200 bis 300 at. In der Kältetechnik ist der Kolbenkompressor vorherrschend; aber auch hier wird ernstlich erwogen, ob für sehr große Anlagen der Turbokompressor wirtschaftliche Vorteile bieten könne.

Einer steigenden Verwendung für kleinere und mittlere Leistungen erfreuen sich die Kompressoren mit umlaufenden Kolben, die eine unmittelbare Kupplung mit rasch laufenden Elektromotoren gestatten und für Drücke von 6 bis 8 at neuerdings bis zu 500 PS gebaut werden. Solche Maschinen lassen sich ebenso gut zur Erzeugung luftleerer Räume benutzen. [N 850]

P. Ostertag.

Werkzeugmaschinen.

Zeitersparnis Nachdem die durch den Wolframstahl an die Werkzeugmaschinen gestellten Forderungen hinsichtlich Leistung zurzeit als erfüllt angesehen werden können, spaltet sich die gestaltende Tätigkeit in zwei Aufgaben, die beide demselben Endzweck dienen: der Verbilligung der Herstellung durch Zeitersparnis. Die erste Aufgabe fordert bei der normalen und der Universalmaschine die Vermeidung oder Verkürzung der toten und Nebenzeiten, die zweite die Herstellung von Sondermaschinen für die Massenfabrikation, wobei natürlich die erste Aufgabe in noch höherem Maße erfüllt sein muß. Bei den normalen und den Universalmaschinen sollen die Zeiten für Ein- und Abspannen, für Werkzeugwechsel, Messen, für die Leergänge der Supportbewegungen usw. auf das geringste Maß verkürzt oder ganz ausgeschaltet werden. Die Sondermaschine bearbeitet entweder mehrere Teile gleichzeitig oder mehrere Werkzeuge arbeiten gleichzeitig, oder die Arbeit wird ununterbrochen ohne Stillstand des Werkzeuges oder der Maschine geleistet. Solche Maschinen können nur bei Massenfertigung Verwendung finden. Bei den normalen Maschinen sucht man durch Zusatzeinrichtungen, Aufspannvorrichtungen usw. diese Vorteile für die Reihenfertigung ebenfalls zu erreichen, wobei die Frage, wo Reihenanfertigung aufhört und Massenherstellung beginnt, schwer zu entscheiden ist.

Ausführung und Material der Werkzeugmaschinen erfreuen sich zunehmender Aufmerksamkeit. Immer mehr wird man sich darüber klar, daß nicht nur zweckmäßige Konstruktion, sondern auch genaue und sorgfältige Ausführung sowie die Verwendung hochwertiger Werkstoffe Vorbedingung für Betriebsicherheit, Leistung und Genauigkeit der Arbeit ist. Das Verlangen nach genau gearbeiteten und arbeitenden Maschinen hat nicht zuletzt seine Ursache in der Erkenntnis der Vorzüge der austauschbaren Fabrikation, die wieder durch die Normung der Toleranzen usw. Fortschritte gemacht hat.

Die immer mehr sich steigernden Umlaufzahlen, die Anwendung einer großen Zahl von Rädern in den Räderkasten sowie das Verlangen nach ruhigem, erschütterungsfreiem Lauf hat im Werkzeugmaschinenbau wie im Kraftwagenbau die Benutzung gehärteter und geschliffener Räder zur Folge. Kupplungen, Räder, Riegel und Klinken aus legiertem und gehärtetem Stahl sind die Regel. Weitgehende Verwendung von Kugel- und Rollenlagern, geschliffenen und genau ausgewuchteten umlaufenden Teilen erlauben hohe Geschwindigkeiten und sichern hohe Leistung.

Antriebe Die Einscheibenmaschine und der elektrische Antrieb werden mehr und mehr verwendet. Für letztere empfehlen die großen Elektrizitätsfirmen den Regelmotor für Gleichstrom. Für Fräsmaschinen und Bohrmaschinen, vereinzelt auch bei Drehbänken, benutzt man vielfach den Flanschenmotor. Infolge der Verschiedenheit der Anforderungen ist der Werkzeugmaschinen-Konstrukteur gezwungen, die Maschinen so auszubilden, daß sie ohne größere Änderungen vom Lager genommen und jeder Art dieser Anforderungen angepaßt werden kann.

Sondereinrichtungen und Ausstattungen Den oben angeführten Bedürfnissen zu entsprechen, werden die normalen und die Universalmaschinen mit den verschiedensten Sondereinrichtungen und Ausstattungen ausgerüstet. Drehbänke erhalten allseitige selbsttätige Auslösungen und mehrfache Stahlhalter, Fräsmaschinen werden mit mehreren Arbeitsspindeln, aussetzendem schnellen und langsamen Vorschub sowie selbsttätigem Rücklauf des Tisches, mit Rundsupporten, drehbaren Aufspannvorrichtungen und dergleichen versehen. Selbsttätige Revolverdrehbänke haben Schnellbohrvorrichtung, Schlitzvorrichtung, Magazineinrichtung und dritten Support. Alle diese Einrichtungen sollen nicht nur die Fabrikationserfordernisse der Reihenfertigung erfüllen, sondern auch, wenn möglich, die Vorteile der Sondermaschinen geben.

Wenn man von den reinen Sondermaschinen absieht, so ist nur eine grundlegende neue Type erschienen, die zwar schon seit rd. drei Jahren gebaut, in Deutschland aber erst neuerdings bekannt wurde, nämlich die Centerless-Grinding-Maschine. Diese Maschine ist nicht eigentlich als Mitbewerber der Rundschleifmaschine anzusehen, sondern sie erweitert das Gebiet der Schleiferei überhaupt, indem sie Arbeiten ausführt, die zum Teil bisher auf Schleifmaschinen überhaupt nicht hergestellt wurden.

Der größten Aufmerksamkeit erfreut sich heute die Zahnradfabrikation, für die eine Reihe hochwertiger Verbesserungen und neuer Konstruktionen erschienen sind[1]). Bei den Sondermaschinen handelt es sich zum Teil um Zusammenstellung bekannter Einzelmaschinen und Vorrichtungen, wie z. B. bei den Mehrfachbohrmaschinen, zum Teil um Maschinen für ununterbrochenes Arbeiten durch Aufspanntrommeln oder Rundtisch, durch Anwendung mehrfacher Arbeitspindeln und dergleichen[2]).

Die Anwendung solcher Maschinen in Deutschland wird in naher Zukunft sehr beschränkt sein. Denjenigen Betriebfachleuten, die das Heil der Fabrikation nur in Sondermaschinen sehen, empfehle ich, eine Außerung von A. L. de Leeuw im American Machinist[3]) zu lesen. De Leeuv ist mir als einer der besten amerikanischen Konstrukteure bekannt. Er sagt in diesem Artikel u. a.: „Aber wenn dieses Verfahren zur Verminderung der Kosten angewendet wird, sollte es Regel sein, daß jede Verbesserung sich in einem Jahr selbst bezahlt." Selbst wenn wir hierfür fünf Jahre annehmen, so dürfte das Exempel doch manchmal für die normale Maschine mit entsprechender Einrichtung sprechen. [N 952]

E. Huhn.

Hebezeuge und Transportanlagen.

Aufzüge Die deutsche Aufzugindustrie ist bestrebt, die veralteten Aufzugvorschriften neueren Erkenntnissen anzupassen, und es ist zu hoffen, daß im Laufe des Jahres 1925 die neue „Reichseinheitsverordnung für die Einrichtung von Aufzügen" in Kraft tritt. Dem Fortschritt auf dem Gebiete der Aufzüge waren bekanntlich besonders die behördlichen Drahtseilvorschriften hinderlich. In jüngster Zeit finden für Aufzüge auch bei uns die in Amerika und England schon lange erfolgreich verwendeten Treibscheibenwinden Beachtung. Die Treibscheibenwinde, die eine Reihe von Vorzügen bei Aufzugbetrieb hat, gestattet, im Gegensatz zur Trommelwinde, bei gedrängter Konstruktion die Anordnung einer Vielzahl von Seilen (4 bis 8), wodurch eine Steigerung der Sicherheit erzielt wird.

Gefäßförderung Bei der Bekohlung von Kesselhäusern und bei ähnlichen Förderaufgaben tritt mit den vielgliedrigen Förderern, wie z. B. den Becherketten, die Einzelförderung, besonders die von der Hochofenbegichtung her bekannte Gefäßförderung (Skipförderung), d. h. Kübelförderung, teils mit selbsttätiger Steuerung der Arbeitsbewegungen, Füllung und Entleerung, in Wettbewerb. Bei der Hauptschachtförderung tritt die Skipförderung mit ihren bedeutenden Vorteilen der bisher in Europa fast ausschließlich verwendeten Gestellförderung gegenüber.

Hafenkrane Auf dem Gebiete der Hafenkrane fallen die Bestrebungen auf, an Stelle der Kaidrehkrane mit starrem Ausleger Wippkrane, und zwar solche mit Gewichtsausgleich für den Ausleger und mit wagerechtem Lastweg beim Wippen einzuführen. Man folgt hierbei einer zurzeit in England herrschenden Mode. Die in Festlandhäfen übliche Kaikranform mit starrem Ausleger bzw. mit dem auf den Arbeitsbereich einstellbaren Ausleger, hat den Aufgaben der Schiffsentladung entsprochen, wie z. B. die Kaikrananlagen Hamburgs zeigen. Eine Notwendigkeit zur Verwendung solcher vom Standpunkte der Wippkrane aus verbesserter Krane scheint jedenfalls nicht allgemein gegeben zu sein. Die Vergrößerung des bestrichenen Feldes, die Möglichkeit, mehrere Krane ohne unmittelbare Gefahr des Zusammenstoßes für die Ausleger dichter zusammenstellen zu können, als dies bei Kranen mit starrem Ausleger möglich ist, wird erkauft durch eine erhebliche Verwicklung des Kranaufbaues und durch erhöhte Inanspruchnahme des Kranführers.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 913 u. f.
[2]) „Maschinenbau" Bd. 3/6 (1914) S. 931.
[3]) vom 6. November 1924 S. 735.

Greiferwinden In besonderer Entwicklung befinden sich die Winden für schwere Greifer mit dem Ziel, die Steuerfähigkeit zu steigern und die Steuerungsbetätigung zu erleichtern. Zu den bewährten Einmotorwinden üblicher Bauart, bei denen der für das Steuern von Zweiseilgreifern erforderliche Gleichlauf bzw. die Relativbewegung der beiden Seiltrümer und der entsprechenden Seiltrommeln mit Hilfe von Reibungskupplungen und Bremsen erzielt wird, treten neuerdings andre Lösungen, nämlich die Einmotorwinde, bei der die Steuerung der Trommeln bzw. Seilbewegungen durch ein Umlaufrädergetriebe erfolgt, und Zweimotorenwinden. Bezeichnet man die Motorleistung einer Einmotorgreiferwinde entsprechend der Hubleistung mit 100 vH, so kann man die Zweimotorengreiferwinden als solche von 50 vH + 100 vH und solche von 50 vH + 50 vH Motorleistung kennzeichnen. Während die erstere Lösung einen besonderen Schließmotor von etwa 50 vH der Leistung des Hubmotors vorsieht, der bei der Hub- und Senkbewegung des Greifers nicht mitwirkt, sondern stillsteht, wird bei der zweiten Art nach Beendigung der Schließbewegung des Greifers der Schließmotor von 50 vH der Hubleistung mit dem das Haltetrum betätigenden zweiten Motor gleicher Leistung zur Erzielung der Hubleistung von zusammen 100 vH herangezogen, was als zweckmäßig zu bezeichnen ist. Die Zweimotorenwinden mit 50 vH + 100 vH Motorleistung sind gegenüber den Winden mit 50 vH + 50 vH Motorleistung im Nachteil nicht nur wegen des Mehr an Motoreinbau, sondern auch wegen erhöhter Aufwendung an Getriebeteilen, die meist ein Planetengetriebe zur Kupplung der beiden Trommeln einschließen. Die andre Lösung kommt mit zwei gleichartigen Eintrommelwinden aus, die im allgemeinen durch eine elektrisch gesteuerte Reibkupplung bei bestimmten Greiferbewegungen verbunden werden.

Elektrokarren mit Kranaufbauten Beachtenswert ist auch die Weiterentwicklung der Elektrokarren mit Kranaufbauten. Elektrokarren mit Wippkranen, auch solche mit benzolelektrischem Antrieb, haben ausgezeichnete Manövrierfähigkeit und eignen sich vorzüglich zum Stapeln von Stückgütern in Güterschuppen und Hafenspeichern. Die Wippbarkeit ermöglicht große Stapelhöhe und niedrige Durchgangsprofile.

Antrieb Für den Antrieb der Hubwinden schwerer Drehkrane und Katzen von Verladebrücken ist der Kommutatormotor mit doppeltem Bürstensatz für einphasigen Wechselstrom (Repulsionsmotor) und für Drehstrom (Drehstrom-Reihenschlußmotor) im Vordringen. Diese durch Bürstenverschiebung praktisch verlustlos zu steuernden Motoren haben den Vorzug einer außerordentlich feinfühligen Regulierfähigkeit.

Der amerikanische Drag Line Excavator, der Schürfkübelbagger, ein Gerät, das zwischen Eimer- und Löffelbagger steht, findet bei Bauunternehmungen zunehmende Beachtung. [N 949]

Woernle.

Landwirtschaftsmaschinen.

Pflüge Entgegen der in der vorjährigen Chronik geäußerten Vermutung hat eine deutsche Fabrik, die Hanomag, den Versuch unternommen, einen Kraftschlepper nach der Fordschen Bauart für Reihenfertigung zu bauen, der dem schon nicht mehr von unsern Grenzen ferngehaltenen Fordschlepper auch im Verkaufspreis nahekommen soll. Nach den ersten Versuchen scheint die Maschine technisch mindestens nicht hinter ihrem Vorbild zurückzustehen. Leider herrscht im übrigen in der deutschen Motorpflugtechnik noch die alte Vielgestaltigkeit, die sich rächen muß. Der Entwurf von Richtlinien für Kleinschlepper durch den Reichsausschuß für Technik und Landwirtschaft sucht hier festere Ziele zu setzen. Die Verwendung von Schweröl in Kraftschleppern macht langsame Fortschritte durch den Bau von kompressorlosen Dieselmotoren. Ob aber die von der Reichsmonopolverwaltung angeregte Verwendung von Spiritus in den Ölkraftmaschinen wirtschaftlich werden wird, hängt davon ab, ob die Technik zu weiteren Versuchen durch die Festlegung niedriger Spritpreise auf eine ausreichende Zeit angeregt werden wird.

Die Dampfpflugtechnik, die in Deutschland auf hoher Stufe steht, hat neue Erfolge durch die Verbesserung der Überhitzerbauarten und durch Maßnahmen zur Erhöhung der Betriebssicherheit und Vereinfachung der Wartung der Maschinen zu verzeichnen. Borsig hat eine schöne und zuverlässige Bauart für einen Untergrundlockerer am Dampfpflug mit Selbstauslösung bei Steinen gefunden, und auch für Gespannpflüge sind durch die im Vorjahr begonnene Konstruktionsarbeit auf dem Acker mehrere brauchbare Untergrundlockerer geschaffen.

Hackmaschinen Während bei den Einzelkornsämaschinen noch nicht alle technischen und betriebwirtschaftlichen Fragen aufgeklärt sind, hat in der Durchbildung der Hackmaschinen eine lebhafte Entwicklung eingesetzt. Die Verbesserung der Tiefenregelung und der Schnittwinkeleinstellung ist auf verschiedene Weise erreicht worden, und die Rücksicht auf die Massenfertigung hat in manchen Werken zu einer völligen Neukonstruktion der Teile geführt.

Erntemaschinen Die durch die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft veranstaltete Hauptprüfung von Bindemähmaschinen ergab, daß alle deutschen Binder brauchbar sind, wenn auch in verschiedenem Grade, so daß die frühere Überlegenheit der Amerikaner nicht mehr besteht; in der Ausbildung wichtiger Einzelheiten, z. B. der Schmierung, sind deutsche Ingenieure mit gutem Erfolg eigene Wege gegangen. Eine hervorragende Leistung ist die Rübenerntemaschine für Dampfpflug-Lokomotivbetrieb von R. Wolf, die auch unter ziemlich schwierigen Bedingungen vier Reihen Zuckerrüben köpft und aushebt und die Köpfe und Rüben in getrennten Reihen ablegt. Dieselbe Firma hat für tropische Länder eine Dreschmaschine sehr großer Leistung ganz aus Eisen mit einem starken Strohbläser und mechanischen Förderern für die übrigen Abläufe gebaut[1]).

Regenapparate Bei der künstlichen Bewässerung durch Düsen an oberirdischen Rohren hängt die Brauchbarkeit sehr von der bequemen Verlegung der Rohrstränge ab. Die von Walter Krause zuerst ausgebildete Kupplung ohne Kette und Schrauben ist neuerdings von ihm verbessert und in andrer, nicht weniger guter Form von Lanninger ausgebildet worden. Die Lanningerkupplung gibt sogar durch Aneinanderstoßen mehrerer kurzer Stücke biegsame Rohrstränge, die als Ersatz für die kurzlebigen Gummischläuche dienen können.

Normung Die früher ergebnislos verlaufenen Versuche, Fachnormen für Landwirtschaftsmaschinen zu schaffen, sind unter Beteiligung der DLG und der Fabrikantenverbände neu aufgenommen worden. Die Schwierigkeiten sind groß, aber außer gewissen Grundmaßen wie der Ackerwagenspur, die schon genormt sind, ist wenigstens bald auf die Einigung über Normen für Eggen- und Pflugteile zu hoffen. [N 941]

Gustav Fischer.

Elektrische Maschinen und Geräte.

Maschinen und Transformatoren. Stromerzeuger von erheblicher Größe sind in süddeutschen Wasserkraftwerken in Betrieb genommen; die größten im Walchenseewerk; und zwar vier Drehstromerzeuger für 20 000 kVA bei 500 Uml./min und 50 Per./s, sowie vier Wechselstromerzeuger für 11 000 kVA bei 250 Uml./min und 16⅔ Per./s. Turbodynamos von 23 bis 25 000 kVA bei 3000 Uml./min sind mehrfach von der AEG, den SSW und Thyssen geliefert, solche von 30 000 kVA und derselben Drehzahl befinden sich im Zusammenbau. Für zahlreiche Turboanlagen, besonders in staubreicher Gegend (Braunkohlenwerke), ist die Rückkühlung der Kühlluft durch Wasser ausgeführt (GEA und Delbag). Völliger Staubfreiheit der umlaufenden Kühlluft und verminderter Brandgefahr infolge begrenzter Sauerstoffmenge steht die Schwierigkeit der Kühlwasserbeschaffung gegenüber.

Einankerumformer von 2000 kW, 800 V und 500 Uml./min mit Anlauf von der Drehstromseite aus sind für die Berliner Vorortbahnen von den Bergmann-Werken in Betrieb gesetzt worden. Sie sind in Verbindung mit Höchststromschaltern kurzschlußsicher. Ein bedienungsloses Straßenbahn-Umformerwerk ist von der AEG fertiggestellt. Die Einankerumformer sind hier mit Fliehkaft- und Wärmeschaltern ausgerüstet, die bei Überschreiten der Nenndrehzahl und einer Lagertemperatur von 100° C die Maschine abschalten.

Großgleichrichter mit Eisengefäßen sind durch Einführung der Quecksilber-Strahlpumpe (Diffusionspumpe) unabhängig von der Güte der Dichtungen geworden. Sie sind — auch für Bahnkraftwerke — bis 1800 A geliefert worden. Die Spannung wird für größere Regelbereiche mit Drehreglern, für kleinere mit Stufentransformatoren geregelt. Bei Großtransformatoren machen Mangel an Kühlwasser und möglichste Vereinfachung der Betriebführung das Streben nach Einführung der natürlichen Ölkühlung mit Großoberflächenkühlern verständlich. Diese werden besonders für die nun auch in Deutschland ausgeführten Freiluft-Schalt- und Transformatorenstellen gebaut.

Die Schutzvorrichtung nach Buchholz ist weiter ausgebildet worden. Jede „schleichende" Störung im Transformator ist von einer Gasentwicklung und jede plötzliche Störung von einer Druckwelle begleitet. Im ersten Falle werden beim Buchholzschutz die Gasblasen dazu benutzt, am höchsten Punkt des Transformators eine Glocke zu heben, die den Kontakt für eine Alarmvorrichtung schließt; im zweiten Fall betätigt die Druckwelle ein Organ, das durch Schließen eines Kontaktes den Höchststromschalter herauswirft. Prüftransformatoren für 1000 kV sind verschiedentlich geliefert; meist mit geerdetem Nullpunkt. Bemerkenswert ist eine Anlage von 250 kVA von Koch & Sterzel für die Porzellanfabrik Freiberg mit Staffelschaltung von 2 × 4 hintereinandergeschalteten Einzeltransformatoren für je 125 kV. Die Gehäuse sind für die der vorhergehenden Stufe entsprechende Spannung isoliert.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1325.

Die Verbesserung des Leistungsfaktors durch das Elektrizitätswerk wird mittels übererregter Synchronmotoren ausgeführt. Im Umspannwerk Nürnberg ist eine solche Blindleistungsmaschine von 8000 kVA bei cos $\varphi = 0$ und 750 Uml./min aufgestellt, die die 110 kV-Fernleitung des Bayernwerkes vom Blindstrom entlastet. Maschinen für 12 000 kVA bei cos $\varphi = 0$ sind in Ausführung. Für Gruppenverbesserung sind Synchronmotoren mit asynchronem Anlauf, synchronisierte Asynchronmotoren und solche mit Drehstrom-Erregermaschinen vielfach ausgeführt. Für Einzelverbesserung sind die kompensierten Asynchronmotoren weiter entwickelt worden: bis etwa 5 kW ständergespeiste Heylandmotoren, bis etwa 25 kW läufergespeiste Osnosmotoren, darüber auch Motoren mit angebauter Drehstromerregermaschine.

Kurzschlußanker-Motoren mit mechanischem Anlasser (Fliehkraftkupplung) sind bis 7,5 kW geliefert. Eine bemerkenswerte Lösung ist der Richtermotor, der im Ständer zwei verschiedenpolige Wicklungen hat, die beim Anlassen hintereinander geschaltet sind.

Die Normung elektrischer Maschinen ist weiter durchgeführt worden. Offene Gleichstromerzeuger und -motoren bis 440 V sind bis 125 kW, Motoren mit Drehzahlregelung im Verhältnis 1 : 2 und 1 : 3 bis 64 kW und 32 kW, offene Drehstrommotoren bis 250 kW und Transformatoren bis 100 kW genormt.

Sonderausführungen Elektrokarren für 0,75 bis 1,5 t Tragkraft sind zu einer erstaunlichen Vollkommenheit entwickelt, ebenso Elektrozüge für 0,5 bis 5 t Tragkraft, deren gedrängter Zusammenbau es gestattet, sie mittels einer Aufhängeöse in jeden Kran zu hängen. Sie werden auch für eine Fahrbahn aus T-Trägern ausgerüstet.

Ein neues Schlagwerkzeug ist der Bego-Meißelhammer. Ein kleiner Motor (200 W, rd. 9600 Uml./min) im oberen Teil des Werkzeuges treibt mittels eines verschiebbaren Kegelrades das Schlagwerk, das in Öl läuft. Dieses besteht aus zwei mit dem treibenden Kegelrad verschiebbaren gegenläufigen und durch Gewichte exzentrisch belasteten Kegelrädern (etwa 3000 Uml./min). Die Gewichte begegnen sich am untersten und obersten Punkt und üben so eine Schlagwirkung aus. Die Schlagwirkung nach oben wird durch eine Feder aufgespeichert und so der Schlag nach unten verstärkt.

Schalter und Isolatoren Für die Betätigung großer Schalter und das genaue Einschalten beim Synchronisieren sind Einschaltmotoren mit Kraftspeichern ausgebildet (Voigt & Häffner und AEG). Ein kleiner Motor spannt in etwa 10 s eine starke Einschaltfeder, die, zum Einschalten freigegeben, schlagartig den Ölschalter betätigt und gleichzeitig die Ausschaltfeder spannt, so daß der Schalter ausschaltbereit ist. Sofort nach dem Ausschalten wird die Einschaltfeder durch den Motor selbsttätig gespannt, der Schalter ist daher auch nach einem Auslösen einschaltbereit.

Gekittete Freileitungs-Stützisolatoren geben immer noch zu Störungen Anlaß. Sie werden daher neuerdings zusammengehanft geliefert. Aus demselben Grunde führen sich auch für Mittelspannungen in letzter Zeit Kleinhängeisolatoren ein. [N 963] P. Reinisch.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Elektrizitätswirtschaft Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen der Statistik bis zum Jahre 1922/23 ergibt sich folgende Lage: Während 1913 die gesamten öffentlichen Elektrizitätswerke Deutschlands eine Maschinenleistung von 1,5 Millionen kW aufwiesen, ist diese Leistung im Jahre 1922 auf 3 Mill. kW, also auf das Doppelte gestiegen. Dagegen hat sich die gesamte Erzeugung von 2200 Mill. kWh im Jahre 1913 auf 7200 Mill. kWh im Jahre 1922 gehoben; sie hat sich also verdreifacht. Die Verwendung der Steinkohle zur Stromerzeugung ging im gleichen Zeitraum von 63 auf 48 vH zurück, während sich der Anteil der Braunkohle von 23 auf 41 vH gehoben hat. Auf einen Einwohner gerechnet, erreichte im Jahre 1923 der Elektrizitätsverbrauch in einzelnen Ländern folgende Werte:

Schweiz . . .	493 kWh	Frankreich . .	147 kWh
Verein. Staaten von Amerika	472 „	Deutschland .	141 „
		England . . .	139 „
Schweden . .	364 „	Italien . . .	83 „

Hieraus ergibt sich, daß für die Folgezeit mit einer bedeutenden Steigerung des Stromverbrauches in Deutschland gerechnet werden kann, wenn die Voraussetzungen hierfür, in erster Linie geringer Preis des Stromes, erfüllt werden.

Dieser Erkenntnis Rechnung tragend, war die Elektrizitätswirtschaft im abgelaufenen Jahre mit Erfolg bestrebt, durch Vervollkommnung der wirtschaftlichen Betriebführung die Selbstkosten der Stromerzeugung und -verteilung nicht unwesentlich zu senken und überall tritt heute eine allmähliche Herabsetzung der Strompreise in die Erscheinung. Dies macht sich vor allen Dingen bei den Großabnehmertarifen bemerkbar, die durch den scharfen Wettbewerb der Ölgasmotoren beeinflußt worden sind. Die Folgen dieser Preispolitik sind in einem starken Anwachsen der Anschlußbewegung und in einer kräftigen Belebung der Installationstätigkeit zu bemerken.

Bautätigkeit Große Neuanlagen sind im abgelaufenen Jahr in Deutschland nicht errichtet worden, eine Erscheinung, die sich zwanglos durch die schwierige Kapitalbeschaffung erklärt. Die Bautätigkeit beschränkte sich im wesentlichen auf die Vollendung der im Bau befindlichen großen süddeutschen Wasserkraftanlagen, auf Erweiterungen bestehender Kraftwerke und Netze und auf die Herstellung von Umspannwerken. Die im vorjährigen Bericht erwähnten Bestrebungen zur Zusammenfassung der Elektrizitätsversorgung wirkten sich besonders stark in Mitteldeutschland aus, wo im Thüringen-Werk ein neues Großunternehmen gegründet wurde.

Isolatoren, Kabel Die Arbeiten zur Ermittlung richtiger Verfahren für die Stoßprüfung der Isolatoren, die für die Betriebsicherheit der Netze von größter Bedeutung ist, wurden in großem Maßstabe fortgesetzt, ohne daß indessen bisher eine endgültige Klärung erzielt worden wäre. Auch die Kittfrage ist noch nicht zur Ruhe gekommen. Die Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H. wendet bei mehrteiligen Isolatoren statt der Kittung ausschließlich die Hanfung an. Die Firma Rosenthal, A.-G., benutzt einen Zement, dem Pechschmelzkörper beigefügt sind. Nach dem Abbinden der Zementschicht wird der Isolator soweit erhitzt, daß die Pechkörper schmelzen. Die AEG hat als Ersatz für mehrgliedrige Hängeisolatoren einen Verbundisolator geschaffen, der aus einem die Zugkräfte aufnehmenden imprägnierten Buchenholzstab besteht und der zum Schutze gegen die Einwirkungen der Atmosphäre mit einem Porzellanmantel umkleidet ist. Die bisher vorliegenden Betriebserfahrungen mit diesem Isolator sind günstig. Bemerkenswert ist die Erbauung eines Isolatorprüffeldes für 1 Mill. V[1]) durch die Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. auf ihrem Werk in Freiberg i. Sa.

Die bisher für Kabel eingehaltene Spannungsgrenze von 30 000 V ist überschritten worden. Die SSW haben für das Staatliche Elektrizitätsamt Kassel ein dreifach verseiltes Kabel von 3×150 mm² für 60 000 V geliefert. Zu erwähnen sind ferner erfolgversprechende Versuche mit einem sogenannten starren Kabel für 100 000 V. In der Kabelprüfung finden neue Verfahren Eingang, die sich auf den sogenannten Ionisierungspunkt stützen, d. h. auf diejenige Grenzspannung, bei der ein plötzlicher Anstieg der dielektrischen Verluste infolge der Ionisierung der im Kabel eingeschlossenen Luftreste auftritt.

Stromumformung Über den Glasgleichrichter, vor allem in seiner Verwendung für elektrische Bahnen, liegen günstige Erfahrungen vor. Im Auslande beschäftigt man sich stark mit der Verwendung hochgespannten Gleichstromes für die Großübertragung, die z. B. auch einem Plan für die Stromversorgung Dänemarks von Norwegen aus zugrunde gelegt worden ist. Der Gleichstrom wird durch feststehende Kollektoren mit umlaufenden Bürsten, sogenannte Transverter, erzeugt, wobei ein Kollektor 12,5 kV bewältigen kann. Acht derartige Kollektoren in Reihenschaltung ergeben 100 000 V Spannung[2]). In Deutschland steht man derartigen Plänen vorläufig ablehnend gegenüber, und das mit Recht, da für die deutschen Verhältnisse die Drehstromübertragung ausreicht, um alle Aufgaben zu bewältigen. Ob eine Erhöhung der Übertragungsspannung auf 200 000 V in absehbarer Zeit in Frage kommt, muß erst die Entwicklung unsres zukünftigen wirtschaftlichen Lebens zeigen. So viel steht aber heute schon fest, daß diese Spannung nur für die Kupplungsleitungen unsrer großen Energiezentren in Betracht kommt.

Arbeiten der fachwissenschaftlichen Vereine Der Verband Deutscher Elektrotechniker beendete die umfangreichen Arbeiten, die mit der Aufstellung neuer Leitsätze für Erdungen und Nullung in Niederspannungsanlagen zusammenhängen. Er befaßte sich ferner mit der Frage der Beeinflussung von Schwachstromleitungen durch Hochspannungsanlagen und schloß auch diese Arbeiten durch die Aufstellung neuer Leitsätze ab.

Die Vereinigung der Elektrizitätswerke beschäftigte sich in erster Linie mit den brennenden wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gegenwartsfragen, der Tarifpolitik der Werke und der Förderung des Elektrizitätsverbrauches. Auf technischem Gebiete seien hervorgehoben umfangreiche Untersuchungen über die Steigerung der Belastbarkeit der Installationsleitungen, über Störungen an Isolatoren und über die Wiederverwendung gebrauchter Öle. Sie beschäftigte sich ferner eingehend mit der Förderung der elektrischen Heiztechnik und mit der Vervollkommnung der Installationsmaterialien.

Aus den Arbeiten der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen seien besonders hervorgehoben umfangreiche Arbeiten für den Parallelbetrieb großer Werke. [N 944] Zipp.

(Forts. folgt.)

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 862. [2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1061.

RUNDSCHAU.

Häfen und Kanäle.

Schnelle Wiederherstellung der Erdbebenschäden in Yokohama.

Die Wiederherstellungsarbeiten der im September 1923 entstandenen Schäden sollen im Sommer 1925 abgeschlossen werden. Auf Grund der zunächst vorgenommenen Aufnahme der Erdbebenschäden durch die Hafenbehörde wurden die Kosten auf 10 Mill. Yen = 21 Mill. Gm. geschätzt. In erster Linie wurde der Hafen von untergegangenen kleinen Fahrzeugen, umgestürzten Kaikränen und gesunkenen Betonblöcken und Mauerwerksteilen des Kaineubaues gesäubert. Gleichzeitig wurden Betonmischanlagen aufgestellt für die Herstellung fertiger Teile der Hafenanlagen, zeitweilige Lager für Baustoffe errichtet und die wichtigsten Baustoffe wie Zement, Sand, Kies und Holz beschafft und aufgespeichert. Die eigentlichen Bauarbeiten begannen mit der Wiederherstellung des Wellenbrechers. Sodann folgten der Haupthafendamm, die Kaimauern, Speicher und schließlich die Schuppen.

Der Wellenbrecher aus schweren Steinblöcken auf Steinschüttung, Abb. 1, war durch das Erdbeben im allgemeinen so weit zum Versinken gebracht worden, daß die Oberkante noch eben über NW hervorragte; einige Blöcke waren herabgeschleudert. Die Wiederherstellung erfolgte allmählich durch etwa 7 t schwere Betonblöcke, aus denen der Wellenbrecher gebaut war. Ein großer Teil wurde durch Aufschichten von Beton in Säcken auf den versunkenen Blöcken und Auffüllungen, der Zwischenraum mit von schwimmender Misch- und Verteilanlage aus eingebrachtem Gußbeton hergestellt. Der Wellenbrecher war im April 1924 völlig fertiggestellt. Der Landungsdamm war erheblich beschädigt, konnte jedoch für die Fußgängerbenutzung in zeitweiliger Bauart wiederhergestellt werden. Der alte Teil bestand aus Stahlzylindern, die eine hölzerne Brückenbahn trugen. Diese war zusammengebrochen und verbrannt. Den verbreiterten Teil bildeten doppelte Eisenbetonpfeilerreihen mit einer Eisenbetonplatte darauf. Er hat wenig Schaden gelitten. Die Art der endgültigen Wiederherstellung des Hafendammes wird zurzeit noch erwogen.

Die Kaimauern waren umgestürzt oder durch Gleiten verschoben. Schon im November 1923 war mit dem Aufräumen des Seegrundes begonnen worden, wobei gesunkene Fahrzeuge, Krane und Betonblöcke gehoben und die in die See gefallenen Bodenmassen der Kaimauern ausgebaggert wurden. Zur Wiederherstellung dienten zum Teil Eisenbetonpfeiler, zwischen denen Blechträger mit einer Eisenbeton-Fahrbahntafel gespannt wurden, zum Teil 240 bis 300 t schwere Eisenbetonkasten, die in einem Trockendock hergestellt wurden. Die Fertigstellung erfolgte im Mai 1924. Auf weiteren Kaistrecken wurden die versunkenen Betonblöcke des alten Baues benutzt und Eisenbetonkasten bzw. neue Blöcke darauf gesetzt, Abb. 2. Diese Arbeiten waren im Januar vollendet.

Abb. 1. Wellenbrecher im Hafen von Yokohama vor und nach dem Erdbeben.

Abb. 2. Kaistrecke in Yokohama vor und nach der Zerstörung.

Die bisherigen Fortschritte zeigen, daß mit zielbewußter Energie und unter großem Einsatz vollkommener technischer Mittel die mühsame Arbeit der Beseitigung der Schäden in Angriff genommen und gefördert worden ist. („Engineering News-Record" Bd. 93 (1924) Nr. 14) [M 915] Ba.

Britische Kriegschiffe im Panama-Kanal.

Nach „Engineering News-Record" Bd. 93 (1924) Nr. 10 haben am 23. und 24. Juli d. J. als bisher größte Schiffe die englischen Kriegschiffe „Hood" und „Repulse" den Panamakanal durchfahren, und zwar mit einem Spielraum von nur 73 cm an jeder Seite in den Schleusen und einem Abstand von je 21,5 m vor und hinter den Schiffen bis zu den Schleusentoren. Der Tiefgang betrug 9,75 bzw. 9,15 m. Acht Schlepplokomotiven waren erforderlich, vier auf jeder Seite. Auch die erhobenen Gebühren stellen eine Rekordzahl dar. Sie betrugen bei 2,10 Gm. für 1 t Wasserverdrängung rd. 94 000 Gm. für „Hood" und rd. 82 500 Gm. für „Repulse".

Da die größte Breite wegen des Panzergürtels unter Wasser lag, hatte man zu jeder Seite Ausleger mit senkrechten Meßplatten angeordnet, um dem Lotsen die volle Schiffsbreite kenntlich zu machen. Ferner gaben Matrosen, die den Auslegern gegenüber aufgestellt waren, Zeichen mit Signalflaggen, wenn das Schiff sich auf eine geringere Entfernung als 60 cm der Mauer näherte. [N 845] Bt.

Chemische Industrie.

Die neuere Entwicklung der Stickstoffindustrie außerhalb Deutschlands.

Von jeher haben sich die Veröffentlichungen des Department of Commerce der Vereinigten Staaten durch Reichhaltigkeit und Zuverlässigkeit des Inhalts ausgezeichnet und die meisten ähnlichen wirtschaftlichen Veröffentlichungen andrer Länder, vor allem auch durch die Schnelligkeit des Erscheinens, übertroffen. Das gilt auch von dem Ende September dieses Jahres erschienenen Trade Information Bulletin Nr. 270, das die Stickstoffindustrien der europäischen Länder vom technischen und wirtschaftlichen Standpunkt aus eingehend behandelt. Mit besonderer Ausführlichkeit sind natürlich auch die deutschen Verhältnisse geschildert (S. 1 bis 15), auf die jedoch an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden soll, weil über die deutsche Stickstoffindustrie bereits eine ziemlich umfangreiche Literatur vorliegt. Anders liegt der Fall dagegen bei den außerdeutschen Ländern, die im folgenden an der Hand dieses außerordentlich wertvollen Berichtes etwas näher betrachtet werden sollen.

Frankreich.

Auch Frankreich gehört zu denjenigen Ländern, in denen die Notwendigkeit, Stickstoffverbindungen für landwirtschaftliche und industrielle Zwecke herzustellen, bereits vor dem Kriege klar erkannt worden ist. Schon im Jahre 1908 hatte man nämlich eine Kalkstickstoffabrik in Notre Dame de Briançon in Betrieb gesetzt, und auch eine Salpetersäureanlage kleineren Umfanges arbeitete seit 1911 in La Roche de Rame. Eine zweite in Bellegarde 1913 geplante Kalkstickstoffabrik wurde erst 1915 erbaut. Im ganzen betrug aber die gesamte Erzeugung von Stickstoffverbindungen aus der Luft in Frankreich vor dem Kriege jährlich nur annähernd 1725 t gebundenen Stickstoffs.

Der riesige Bedarf an Stickstoffverbindungen während des Krieges veranlaßte auch die französische Regierung zur Inangriffnahme eines großzügigen Programms für die Gewinnung von 50 000 t gebundenen Stickstoffs im Jahre, der von der Kalkstickstoffindustrie geliefert werden sollte. Obwohl dieses Programm bis zum Ende des Krieges nicht zur Ausführung gelangte, waren damals immerhin acht Kalkstickstoffanlagen und zwei Lichtbogenanlagen in voller Tätigkeit, und eine weitere große Kalkstickstoffanlage in Lannemezan befand sich im Bau. Nach dem Kriege beschritt man aber auch in Frankreich auf dem Gebiete der Ammoniakgewinnung neue Bahnen. Das Verfahren von Georges Claude, das mit dem riesigen Druck von 900 at das Hochdruckverfahren der Badischen Anilin- und Sodafabrik noch übertrumpft hat, erscheint als ein beachtenswerter Mitbewerber dieses Verfahrens, nachdem es Claude gelungen zu sein scheint, den Vorgang dadurch zu verbilligen, daß er Kokereigas unmittelbar als Wasserstoffquelle benutzt. Claude entfernt hierzu aus dem Kokereigas alle weniger flüchtigen Bestandteile mittels der Verflüssigung. Das Verfahren ist zwar bisher schon in mehreren

Versuchsbetrieben technisch erprobt und auch außerhalb Frankreichs in die Praxis übergeführt worden, aber es scheint doch, als wenn dieses Verfahren bisher noch keine stark ins Gewicht fallende wirtschaftliche Bedeutung erlangt habe.

Dagegen hat sich auch in Frankreich das zuerst in Italien in Terni entwickelte Verfahren von Casale eingeführt, und zwar hat die bedeutende Compagnie Chimique et Métallurgique dieses Verfahren in St. Auban in Südfrankreich in einer Versuchsanlage ausgeführt. Die gesamte Erzeugungsmöglichkeit der sämtlichen französischen Fabriken von Stickstoffverbindungen beträgt etwa 38 660 t gebundenen Stickstoffs im Jahre.

Die Stellung der französischen Regierung zu der Badischen Anilin- und Sodafabrik, die schließlich zu einem auch gesetzlich festgelegten Einvernehmen geführt hat, ist seit dem Ende des Krieges mehrfachen Schwankungen unterworfen gewesen. Während anfangs vor allem auf Betreiben von Loucheur ein Abkommen im November 1919 geschlossen worden war, wonach die französische Regierung gegen Zahlung von 5 Mill. Fr. in zwei Raten nicht nur das Recht erhielt, die deutschen Patente zu benutzen, sondern auch die Anlagen in Ludwigshafen und ihre Erfahrungen sich nutzbar zu machen, gelang es späterhin den an der Entwicklung des Claudeverfahrens beteiligten Persönlichkeiten, das Verfahren der Badischen Anilin- und Sodafabrik in der öffentlichen Meinung etwas herabzusetzen und den endgültigen Abschluß des Vertrages mit der Badischen Anilin- und Sodafabrik wesentlich zu verzögern. Der trotz alledem am 11. April 1924 durch die Annahme im Senat schließlich doch zum Gesetz gewordene ursprüngliche Entwurf unterscheidet sich jedenfalls nicht unwesentlich von dem ursprünglichen Abkommen vom November 1919. Es besteht vor allem in Frankreich ein besonderes Amt für die Förderung der nationalen Stickstoffindustrie, und es ist also anzunehmen, daß in absehbarer Zeit neben der privaten Industrie auch staatliche Werke in Frankreich erbaut werden, deren Gewinne ebenfalls der Staatsverwaltung zufallen sollen.

England.

In England ist bereits vor dem Krieg eine umfangreiche Ammoniakindustrie vorhanden gewesen, die Ammoniak als Nebenerzeugnis der Kokerei, der Leuchtgaserzeugung und der Verarbeitung der schottischen Ölschiefer gewonnen hat. Diese Industrie hat in den Jahren nach dem Kriege noch nicht wieder die gleiche Ausbeute an Ammoniak wie 1913 erzielen können. Während England stets als einer der leistungsfähigsten Hersteller für schwefelsaures Ammoniak und nicht unbeträchtliches Importland für Chilesalpeter auf dem Stickstoffmarkt der Welt dauernd eine wichtige Stellung eingenommen hat, hat es vor dem Kriege keine industriellen Versuche zur Bindung des Stickstoffs in England selbst gegeben. Erst gegen Ende des Krieges wurde auf Veranlassung der Regierung mit dem Bau einer derartigen Fabrik begonnen. Nach dem Waffenstillstand wurden jedoch sämtliche Anlagen und Pläne an die Synthetic Ammonia Nitrates Ltd., eine Tochtergesellschaft von Brunner, Mond & Co., für 1 Mill. £ verkauft. Die Anlage ist jedoch erst nach längerer Zeit fertiggestellt worden und arbeitet jetzt nach dem etwas geänderten Verfahren von Haber-Bosch. Die tägliche Erzeugung von Ammoniak beträgt zur Zeit etwa 35 t.

Neben der Ammoniakgewinnung hat man in England, allerdings ohne großen Erfolg, versucht, den Stickstoff der Luft zur Gewinnung von Cyaniden zu benutzen. Auf diesem Gebiet hat sich die British Cyanide Co. zeitweise betätigt. Ferner hat man versucht, den Claudeprozeß in England einzuführen, aber die Cumberland Coal Power and Chemicals Ltd. war nicht imstande, dieses Verfahren zur Durchführung zu bringen, weil ihr die Mittel ausgingen und sie sich notgedrungen auflösen mußte. Gegen die Ausführbarkeit des Claudeverfahrens darf dieser Mißerfolg in England jedoch nicht angeführt werden.

Italien.

Während des Krieges vermochte die italienische Kalkstickstoffindustrie etwa 18 000 t Stickstoff im Jahre zu gewinnen. Gegenwärtig aber wird die Leistungsfähigkeit dieser Anlagen nur zu einem Drittel ausgenutzt. Synthetisches Ammoniak wird dagegen nach Casale und Fausern unmittelbar aus den Elementen gewonnen, und es scheint, als wenn beide Verfahren größere Aussichten böten. Beide arbeiten mit elektrolytisch gewonnenem Wasserstoff. Bisher hat das Verfahren von Casale mehr Anhänger in Italien und im Ausland (Frankreich, Spanien, Japan und Vereinigte Staaten) gefunden, aber alle diese Anlagen zusammengenommen vermögen noch nicht 5 vH der Ammoniakgewinnung des Leunawerkes herzustellen. Das Lichtbogenverfahren scheint dagegen in Italien endgültig an Bedeutung verloren zu haben, nachdem die beiden kleinen Anlagen Legnano und Pontomammelo bei Rom stillgelegt bzw. zum Teil durch Explosion zerstört worden sind.

Die gesamte Leistungsfähigkeit der Kalkstickstoffabriken Italiens wird auf 16 500 t gebundenen Stickstoffs geschätzt, während die gegenwärtige Erzeugung etwa 6000 t beträgt. Die wenigen Kokereien und Gasanstalten Italiens liefern nur 1200 t gebundenen Stickstoffs im Jahre. Es ist dabei anzunehmen, daß die Stickstoffgewinnung und der Verbrauch an Stickstoffverbindungen in Italien in den nächsten Jahren stark zunehmen werden, selbst wenn die Hoffnungen auf eine erhebliche Steigerung der Ammoniakgewinnung, die aus der Vergasung von Torf erwartet wird, nicht in Erfüllung gehen sollten.

Norwegen.

Die Stickstoffindustrie Norwegens hat durch das Vorkommen überreicher Wasserkräfte eine besonders eigenartige Entwicklung genommen. Hier hat sich besonders das Lichtbogenverfahren, dem früher auch die Badische Anilin- und Sodafabrik große Aufmerksamkeit entgegenbrachte, durchaus bewährt, während die Gewinnung von Kalkstickstoff sehr stark zurückgegangen ist. Beide Kalkstickstoffanlagen von erheblicher Leistungsfähigkeit liegen zur Zeit still, während die Ausfuhr an Kalksalpeter 138 000 t im Jahre 1922 betragen hat, wozu noch 32 000 t synthetischen Natronsalpeters kommen. Während des Krieges nahm vor allem die Ausfuhr an Ammonsalpeter stark zu, die 1922 fast ganz ohne Bedeutung war. Seit dem Jahre 1918 hat sich die Ausfuhr von Kalksalpeter verdreifacht, während gegenüber der Zeit vor dem Kriege nur von einer Verdoppelung gesprochen werden kann. Jedenfalls zeigt diese immerhin begrenzte Leistungsfähigkeit Norwegens, daß die deutsche Erzeugung von synthetischen Stickstoffverbindungen für den Wettbewerb mit dem Chilesalpeter auf dem Weltmarkt viel bedeutungsvoller geworden ist, als man vor dem Kriege angenommen hat.

Belgien.

Obwohl das landwirtschaftlich hoch entwickelte Belgien einen starken Verbrauch an Stickstoffverbindungen aufweist, ist erst neuerdings eine kleine Claudeanlage in Ougré-Mariehaye errichtet worden. Dagegen liefern die Nebenerzeugnisse der Kokereien des Landes immerhin rd. 9000 t gebundenen Stickstoffs gegenüber 10 000 t vor dem Kriege.

Polen.

Die polnische Republik hat durch die Vereinigung mit Oberschlesien eine ziemliche Bedeutung in der internationalen Stickstoffindustrie erhalten. Durch die Abtretung der Kalkstickstofffabrik Chorzow gelangte Polen in den Besitz einer neuzeitlich eingerichteten Kalkstickstoffanlage, deren Erzeugungsfähigkeit bei dem geringen Verbrauch des Landes an Stickstoffdüngemitteln jedoch keineswegs ausgenutzt wurde. Die Erzeugung ging von 14 000 t gebundenen Stickstoffs im Jahre 1922 auf 8500 t im folgenden Jahre zurück, da die polnische Regierung nicht imstande war, die Anlage gewinnbringend arbeiten zu lassen. Außer der Anlage in Chorzow bestand noch vor wenigen Jahren eine kleine Fabrik, die nach dem Moscicki-Lichtbogenverfahren arbeitete. Jetzt stellt man dort in Bory bei Teschen vor allem Ferro- und Ferricyanide (Blutlaugensalze) her.

Schweden.

In Schweden arbeiten zwei Kalkstickstoffabriken mit einer Leistungsfähigkeit von 10 000 und 20 000 t, die in vollem Betriebe sind. Der Kalkstickstoff selbst ist aber in Schweden als Düngemittel nicht sehr beliebt.

Spanien.

Der an und für sich nicht sehr große Verbrauch an gebundenem Stickstoff wurde bisher im wesentlichen durch Einfuhr von Chilesalpeter und Ammoniumsulfat gedeckt, neuerdings ist aber eine Casaleanlage für 2250 t gebundenen Stickstoffs im Jahre und eine Claudeanlage für 1600 t Jahresleistung errichtet worden.

Schweiz.

Auch die Schweiz bezieht gewisse Mengen an schwefelsaurem Ammoniak und Chilesalpeter aus dem Auslande, die jedoch gegenüber dem Stickstoffgehalt des hauptsächlich benutzten tierischen Düngers nicht in Betracht kommen. Eine Kokerei mit nennenswerten Nebenerzeugnissen ist in der Schweiz nicht vorhanden, dagegen betreibt die französische Société Produits de l'Azote eine Stickstoffanlage in Martigny, die etwa 2000 t gebundenen Stickstoffs jährlich zu liefern vermag, jedoch tatsächlich nur zum Teil ausgenutzt wird, weil der Kalkstickstoff in der Schweiz ebenfalls weniger beliebt ist. Neuerdings ist es Dr. Breslauer in Genf gelungen, aus Kalkstickstoff und Mineralphosphaten ein neues Düngemittel, „Phosphazote", zu gewinnen, das etwa 11 vH Stickstoff und 10 vH Phosphorsäureanhydrid enthält und wesentlich günstigere Eigenschaften als der Kalkstickstoff aufweisen soll.

[N 855] Prof. Dr. H. Großmann.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI Verlag G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Industrial furnaces. Von R. Trinks. Bd. 1. London 1923, Chapman & Hill, Ltd. 318 S. m. 255 Abb.

Wie der Verfasser in der Vorrede richtig sagt, besteht bisher kein gutes Buch über Öfen, weil die Erbauer und Betriebsleiter meist ihre Erfahrungen, an die sie ihr ganzes Leben wendeten, als ihr Betriebskapital betrachten, das sie nicht oder nur in seltenen Fällen an einzelne preisgeben wollen. In Anbetracht dessen ist das vorliegende Buch außerordentlich wertvoll. Es behandelt nur Wärme- und Glühöfen, besonders für den Gebrauch in Schmieden, also meist kleine Öfen, bei denen die feuerungstechnischen Verhältnisse günstiger liegen. Der Verfasser zeigt aber sehr anschaulich, wie leicht trotzdem Fehler gemacht werden. Obwohl das Buch für den Praktiker und in der Hauptsache für den einzelnen Betriebsmann geschrieben ist, entbehrt es nicht die Klarlegung der theoretischen Verhältnisse, wenn diese auch oft ein wenig nach der Faustregel ausgewertet werden. Die Ausarbeitung des Buches verrät noch den Ursprung, nämlich einzelne Artikel in einer verbreiteten Fachzeitschrift. Für die Entwicklung dieses Lehrzweiges wäre es vielleicht besser, wenn der theoretische Teil von den praktischen Beispielen getrennt wäre. Anderseits ist die enge Verknüpfung der Theorie mit der Praxis sehr anregend und macht das Buch für den Praktiker leichter lesbar.

Zusammenfassend: ein Pionierwerk mit allen begreiflichen Mängeln und Vorteilen. Es wäre nur zu wünschen, daß wir im Deutschen ein ähnliches Werk besäßen. [E 871] Tr.

Leitfaden für den Kalkbeton-Hochbau. Berlin 1924, Verlag des Vereins Deutscher Kalkwerke e. V. Preis geh. Gm. 0.90.

Dieses Heftchen ist insofern sehr begrüßenswert, als es den wenig angewendeten, aber für viele Zwecke zweifellos sehr beachtlichen Kalkbeton in Gegenüberstellung zum Zementbeton bekannt macht und zu diesem Zwecke die in Frage kommenden Bindemittel und Zuschläge näher beschreibt und ihre Eignung für den Kalkbeton-Hochbau hervorhebt.

Besonders wertvoll sind die Untersuchungsergebnisse von Kalkbeton. Im Anhang werden das Naß- und das Trockenlöschen des Kalkes ausführlich beschrieben und eine übersichtliche Kalktafel gebracht. [E 875] Trenkler.

Chemisches Wörterbuch. Von Dr. H. Remy. Aus der Sammlung „Teubners kleine Fachwörterbücher", Band 10/11. 416 S. mit 15 Abb. u. 5 Zahlentaf. im Anhang. Leipzig und Berlin 1924, B. G. Teubner. Preis Gm. 8.60.

Das vorliegende chemische Wörterbuch ist vor allem auf die Bedürfnisse derjenigen Kreise zugeschnitten, die der Chemie oder ihren Teilgebieten allgemeines Interesse entgegenbringen. Dazu dürften auch zweifellos die Ingenieurkreise gerechnet werden, denen das chemische Wörterbuch auf Einzelfragen aus dem Gebiete der wissenschaftlichen und technischen Chemie eine schnelle Auskunft gewähren kann. Die genaue Beschreibung von Einzelstoffen findet sich unter ihren volkstümlichen Namen, sofern sie im allgemeinen Gebrauch sind. Stichproben ergaben, daß auch neuere Forschungen sorgfältig berücksichtigt worden sind. Sehr wertvoll dürften auch die im Anhang wiedergegebenen Literaturübersichten über das Gesamtgebiet der Chemie und ihre einzelnen Zweige sein, worin man die wertvollsten neueren Bücher findet. Das außerordentlich fleißig und übersichtlich zusammengestellte Wörterbuch kann daher auch den Ingenieuren empfohlen werden. [E 779] H. Großmann.

Flemings Generalkarten. Nr. 32: Europäisches Rußland und die Randstaaten. Maßstab 1 : 4 500 000. Berlin 1924, Fleming & Wiskott A.-G. Preis Gm. 3.

Versuchsergebnisse des Versuchsfeldes für Maschinenelemente Heft 5: **Versuche mit Fangvorrichtungen.** Von Dr.-Ing. Gerold Weber. München und Berlin 1923, R. Oldenbourg. 40 S. m. 47 Abb. Preis Gm. 3.20.

Wasserschwall und Wassersunk. Von Philipp Forchheimer. Leipzig und Wien 1924, Deuticke. 42 S. m. 12 Textabb. Preis Gm. 6.

Jahrbuch der Elektrotechnik. Übersicht über die wichtigeren Erscheinungen auf dem Gesamtgebiete der Elektrotechnik. Herausgegeben von Karl Strecker. Jg. 11. München und Berlin 1924, R. Oldenbourg. VIII, 241 S. Preis Gm. 10.

Werkstattbücher H. 14. R. Löwer: **Modelltischlerei.** 1. Teil. Allgemeines, einfachere Modelle. Berlin 1924, Julius Springer. 53 S. m. 106 Abb. Preis Gm. 1.25.

Distillation de la houille. Von R. Masse und A. Baril. Paris 1923. Preis geh. Fr. 20.

Die sterbende Kohle. Das kulturelle und wirtschaftliche Schicksal Europas. Von Anton Lübeck. Regensburg 1925, G. J. Manz. 452 S. Preis Gm. 9.

Kohlenwasserstofföle und Fette sowie die ihnen chemisch und technisch nahestehenden Stoffe. Von D. Holde. 6. verm. u. verb. Aufl. Berlin 1924, Julius Springer. 856 S. m. 179 Abb. u. 196 Tab. Preis Gm. 45.

Bibliothek der ges. Technik Bd. 297: **Das Dreherbuch.** Gewindeschneiden auf der Leitspindelbank und anderes. Von Friedrich Hofmann. Leipzig, Janecke. 48 S. Preis Gm. 0.80.

Grundriß der Physik. 2. Teil. Für die Oberstufe höherer Lehranstalten und für Fachschulen. Von Dr. K. Hahn. 2. Aufl. Berlin-Leipzig 1924, B. G. Teubner. 300 S. m. 336 Abb. Preis geb. Gm. 5.

Mitteilungen über den Österreichischen Bergbau. 5. Jahrg. 1924. Verfaßt im Bundesministerium für Handel und Verkehr, herausgegeben vom Verein der Bergwerksbesitzer Österreichs. Wien 1924, Verlag für Fachliteratur G. m. b. H. 152 S. Preis ö Kr. 60.

Draht-Welt-Buch. Lehr- und Nachschlagebuch für die gesamte Drahtindustrie. Herausgeg. von Martin Boerner. Halle 1924, Martin Boerner. 372 S. m. 182 Abb.

Ce que tout Aviateur doit savoir. Von André Lainé. Paris, Gauthier-Villars & Cie. 173 S. m. 82 Abb. Preis Fr. 12.

Der Film in der Technik. Von R. Thun. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 286 S. m. 103 Abb. Preis Gm. 12.

Monographien über chemisch-technische Fabrikationsmethoden Bd. 16: **Die Lack- und Firnisfabrikation.** Von Max Bottler. 2. verb. u. verm. Aufl. Halle 1924, Wilhelm Knapp. 123 S. m. 33 Abb. Preis geh. Gm. 5, geb. Gm. 6.

Betriebswirtschaftliches Archiv. Bd. 1 H. 1: **Mengenverrechnung in der Industrie Barmer Artikel.** Von Rudolf Faulenbach. Leipzig 1924, G. A. Gloeckner. 96 S. Preis Gm. 5.

Die Verordnung über die Arbeitszeit vom 21. Dezember 1923. Von P. Wölbling und Dr. Riese. Berlin 1924, Spath & Linde. 183 S. Preis Gm. 4.50.

Die Amerikanisierung Europas, kritische Beobachtungen und Betrachtungen. Von G. W. Meyer. Bodenbach a. d. Elbe 1920, Technischer Verlag. 91 S. Preis Gm. 1.25.

Goldmark-Eröffnungsbilanz und Technik der Goldmarkbuchführung. Von Dr. G. Müller. Berlin 1924, Julius Springer. 58 S. Preis Gm. 2.

Das deutsche Warenzeichenrecht. Von Freund-Magnus. 6. neubearb. Aufl. Erl. v. Friedrich Jungel und Julius Magnus. T. 1: Die internationalen Verträge. Berlin und Leipzig 1924, W. de Gruyter & Co. (Guttentagsche Sammlung Deutscher Reichsgesetze Nr. 87a.) 247 S. Preis Gm. 9.

Das neue russische Patentgesetz. Der gewerbliche Rechtsschutz in Rußland unter besonderer Berücksichtigung des Rechtes der Ausländer. Von I. J. Heifetz. Berlin 1924, Max Krayn. 116 S. Preis Gm. 4.

Zeittafel zur Wirtschafts-Geschichte. Von A. Sartorius von Waltershausen. 2. Aufl. Halberstadt 1924, H. Meyer. 111 S. Preis Gm. 2.80.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

NR. 2 SONNABEND, 10. JANUAR 1925 BD. 69

Maschinen für die Metallbearbeitung in England.

Von Obering. Weil, Frankfurt a. M.

Ueberblick über die auf der Britischen Reichsausstellung in Wembley 1924 vorgeführten Metallbearbeitungsmaschinen und Fortschritte des englischen Werkzeugmaschinenbaues. Kritik der einzelnen Konstruktionen.

Der technische Berichterstatter, der zum Studium der Fortschritte im Bereich seines Faches Maschinenausstellungen besucht, tut im allgemeinen gut, nicht mit allzu hochgespannten Erwartungen an seine Aufgabe heranzugehen; denn die großen Errungenschaften der Technik werden heute nicht plötzlich und im Geheimen gemacht, treten daher nur sehr selten überraschend vor die technische Welt, sondern vollziehen sich allmählich und bauen sich in Stufen auf bereits Vorhandenem auf; deshalb darf man überwältigende Neuerungen auf Ausstellungen nicht erwarten. Auf den Werkzeugmaschinenbau trifft dies besonders zu, weil dessen Neuerungen nicht im verschwiegenen Loboratorium entstehen, und die große Britische Reichsausstellung im Ingenieur-Palast des Wembley-Parks machte in dieser Beziehung keine Ausnahme; sie war für den Besucher wegen der geringen Beschickung durch die englischen Werkzeugmaschinenfabriken sogar eine gewisse Enttäuschung.

Grund hierfür war die später stattfindende Olympia-Ausstellung, wo alle namhaften englisch-schottischen Werkzeugmaschinenfabriken durch Vorführung ihrer neuesten Ausführungen ein besseres Bild über den Stand ihres Zweiges bieten wollten; trotzdem ist es merkwürdig, daß auf der sonst herrlichen Ausstellung, die doch einen Überblick über die gesamte englische Maschinenindustrie bieten sollte, die Werkzeugmaschinen nur spärlich vertreten waren; auch dem nur halb technisch Gebildeten, der den Ingenieur-Palast mit seiner Grundfläche von rd. 46 500 m², das größte Eisenbetongebäude der Welt, besuchte, mußte dies auffallen. Vielleicht sollten als Ersatz für die Erzeugnisse des Werkzeugmaschinenbaues die sehr zahlreichen Abbildungen der von den Firmen ihres Verbandes hergestellten Werkzeugmaschinen dienen, welche die British Machine Tool Trades Association auf einem besonderen Stand vorführte und deren Studium in Verbindung mit den teilweise in Betrieb ausgestellten Maschinen immerhin einen gewissen Überblick über die Entwicklung und die konstruktiven Bestrebungen der englischen Werkzeugmaschinenindustrie ermöglichten.

RZ721Z4

Achsendrehbank von Armstrong, Whitworth & Co.

Der englische Werkzeugmaschinenbau hat im letzten Jahrzehnt wesentliche Fortschritte gemacht, die den neuzeitlichen Anforderungen Rechnung tragen. In erster Linie gewinnt man den Eindruck, daß man auch in England viele Maschinen zum Zweck der Ausnutzung von Schnellstahl in verstärkte Bauarten umgearbeitet und für Hochleistung eingerichtet hat; die früher beliebten Stufenscheiben wurden auch hier zumeist durch die leistungsfähigen Antriebe mit Räderkasten ersetzt, wie man es von neuzeitlichen Bauarten verlangt. Die früheren Formen, die man besonders gegenüber den deutschen und amerikanischen als etwas steif bemängelte, sind, wenn auch noch nicht allgemein, durch ge-

Abb. 1. Radialbohrmaschine von Th. W. Ward.

fälligere verdrängt, und die Umhüllungskasten sind in zweckmäßiger gefälliger Linie durchgeführt, so daß der erste Eindruck der einer neuzeitlichen Bauart ist.

Bohrmaschinen und Drehbänke.

Beispiele hierfür waren die Radialbohrmaschinen, Abb. 1, die die Firmen Vickers und Th. W. Ward, Sheffield, vorführten, hauptsächlich wohl, um die hohe Leistung von Spiralbohrern zu zeigen. Die von Town & Sons, Halifax, gebauten Maschinen dieser Art werden mittels 10 PS-Motors angetrieben, der durch rasch lösbare Klauenkupplung mit dem Getriebe verbunden ist. Die ausgestellte Maschine hatte 1375 mm Ausladung, 51 mm Spindeldurchmesser bei 430 mm Spindelverschiebung und 710 mm Senkrechtverstellung des Auslegers. Die 18 Geschwindigkeiten der Hauptspindel liegen zwischen 19 und 500 Uml./min, wobei vier wechselbare Vorschübe von 0,2 bis 0,8 mm auf eine Spindeldrehung eingestellt werden können. Ein Loch von 25 mm Dmr. wurde in Gußeisen mit 500 Uml./min der Bohrspindel gebohrt; hierbei wurde eine Bohrtiefe von 152 mm/min erreicht, eine immerhin bemerkenswerte Leistung. Die Spindelvorschübe kann man ohne Anhalten der Maschine durch eine einfache Hebelbewegung ein- oder ausrücken, wobei die im Räderkasten eingebauten Schalträder verstellt werden. Hervorzuheben wäre noch bei dieser, durch ihre gefälligen Formen ausgezeichneten Maschine, daß die Bohrspindel nicht, wie bei uns vielfach üblich, durch Gegengewicht, sondern durch eine kräftige, oben im Gehäuse eingebaute Feder ausgewuchtet ist; diese Anordnung scheint in England beliebt zu sein und wird z. B. auch beim Auswuchten der Messerstößel an Karusselbänken gern angewendet.

Der Antriebräderkasten, der neben dem Säulengestell auf der Grundplatte aufgesetzt ist, wird mittels der beiden deutlich erkennbaren Hebel geschaltet; er ergibt neun Geschwindigkeiten, die in Verbindung mit einem am Spindelkasten gelagerten Räderwechsel 18 verschiedene Spindeldrehzahlen liefern; die Spindel läßt sich mittels Kegelräder-Wendegetriebes bei jeder Drehzahl umsteuern, so daß man auf der Maschine auch Gewinde schneiden kann[1].

Ward und Armstrong, Whitworth & Co., Manchester, führten auch gewöhnliche Säulenbohrmaschinen im Betriebe vor, um die Hochleistung von Spiralbohrern zu zeigen; ferner stellte Armstrong eine große neuzeitliche Universalfräsmaschine aus, worauf mittels eines aus zwei Scheiben und einer dazwischenliegenden Walze zusammengesetzten Fräsers Formteile aus Stahl mit 18 m/min Schnittgeschwindigkeit in 100 mm Vorschub bearbeitet wurden. Der Fräser war, soweit sein Arbeitsbereich nicht gestört wurde, mit einem Drahtschutzgitter umgeben, das an dem Arm für die Frässergegenstütze befestigt war.

In bezug auf Werkzeugmaschinen war die Ausstellung von Armstrong, Whitworth & Co. die beachtenswerteste, denn die im Betrieb vorgeführte Radsatzbank, Abb. 2, und die Schrupp-, Schlicht- und Polierbank für Achsen, s. Titelbild, unterscheiden sich wesentlich von den sonst üblichen Bauarten solcher Sondermaschinen. Bei der Radsatzbank, die etwa 25 t wiegt, fällt nicht nur die ungemein kräftige Bauart, sondern auch die Arbeitsweise der Supporte auf. Schablonensupporte, wovon man bei uns eine ganze Reihe leistungsfähiger und sinnreicher Arten kennt, verwendet man in England kaum; sie werden dort wohl auch nicht genügend gewertet. Die ausgestellte Radsatzbank, Abb. 2, hat auch keine hinteren, sondern nur zwei an der Vorderseite des Bettes angeordnete Supporte, die so arbeiten, daß sie den Radsatz zuerst mit drei nebeneinander eingespannten sogenannten Pilzstählen vorschruppen und ihn dann mittels eines neben den Pilzstählen angeordneten breiten Formstahles fertigdrehen oder schlichten. In Abb. 3 sind Pilzstähle der hierfür geeigneten Art wiedergegeben.

Zum Einbringen und bequemen Aufspannen der Radsätze dient eine einfache Vorrichtung zwischen den beiden

[1] Im Allgemeinen hat man in England insbesondere dem Bau von Radialbohrmaschinen schon lange Sorgfalt gewidmet; eine englische Firma hat z. B. die erste zweispindlige Radialbohrmaschine auf den Markt gebracht, bei der die eine Spindel zum Bohren, die andre zum Gewindeschneiden dient. Die Ausbildung des Ständers als runde gedrehte Säule wird gegenüber dem prismatischen Ständer bevorzugt.

Abb. 2. Radsatzbank von Armstrong, Whitworth & Co.

Abb. 3. Pilzstähle für die Radsatzbank (Abb. 2).

Planscheiben am Bett, womit man die abzudrehenden Radsätze vom Werkstattflurgleise leicht auf eine schiefe Ebene hinaufrollen kann; die Vorrichtung läßt sich mittels zweier Schraubspindeln bis um 65 mm in der Höhe verstellen, womit der Größe der Radsätze Rechnung getragen wird, auch macht sie den sonst erforderlichen Kran oder eine andre Hebevorrichtung über der Maschine entbehrlich.

Die für Radsatzdurchmesser bis zu 1220 mm ausreichende Bank hat 7150 mm Bettlänge, wobei die größte Entfernung zwischen den Planscheiben von 1300 mm Dmr. 2600 mm beträgt; der 30 PS-Regelmotor für den Hauptantrieb ist neben dem Spindelkasten angeordnet; bei andern solchen Bänken von Armstrong, Whitworth & Co. sitzt der Motor unmittelbar auf dem Spindelkasten. Der Motor treibt über Rädervorgelege eine kräftige Schaftwelle an, die nicht, wie sonst üblich, im Bett liegt und die Zahnkranzgetriebe trägt, sondern diese Getriebe erst nach Einschaltung einer Übersetzung betätigt; hierdurch wird diese wichtige Welle sehr entlastet, und außerdem erreicht man so, daß man sie an der Vorderseite des Bettes lagern kann, was ihren Einbau erleichtert. Jeder der vier Mitnehmer besteht aus einem kräftigen Block an der Planscheibe, an den sich der Radsatz anlehnt und gegen den er mittels Gegenpratze wie in einem Schraubstock festgespannt wird; durch diese sichere Mitnahme wird das Werkstück selbst bei schweren Schnitten gegen Erzittern gesichert.

Die im Durchmesser sehr groß bemessenen stählernen Hauptspindeln sind vorn kegelförmig ausgebohrt, so daß man auch Radsätze mit außenliegenden Schenkeln fest einspannen kann, indem man in die Bohrungen kegelige Futter einsetzt; Radsätze mit innen liegenden Schenkeln werden zwischen Körnern gehalten, die man durch Schraubenspindeln nachstellt. Der Reitstock läßt sich mittels eines kleinen Hilfsmotors von 5 PS am Bettende rasch auf größere Entfernungen verstellen und mit Schrauben an jeder Stelle festklemmen.

Auf die Ausstattung der Bank mit Werkzeugen wird besondre Sorgfalt verwendet; in den letzten Jahren hat man viele Versuche angestellt, um einen Schnellstahl zu finden, der beim Drehen sehr harter Radreifen dauerhaft ist. Mit Pilzstählen aus Super-T.-Y.-R.-Schnellstahl konnte man z. B. 600 Radsätze abdrehen, wobei sie nur achtmal nachgeschliffen wurden und nur wenig Gewicht verloren. Das Nachdrehen eines Wagenradsatzes soll einschließlich Auf- und Abspannens 18 min, bei günstigen Bedingungen sogar nur 15 min erfordern.

Die Achsendrehbank, s. Titelbild, hat einen am Bettende angebrachten regelbaren 25 PS-Gleichstrommotor; dieser treibt über Rädervorgelege eine auf Bettmitte gelegene Welle, von der über in Öl laufende Winkelzahnräder die Hohlspindel des Spindelkastens betätigt wird. Durch die Bohrung dieser Spindel steckt man die zu bearbeitende Achse hindurch und spannt sie dort in einem Sonderfutter fest. Schwere Reitstöcke an jedem Bettende nehmen mit kräftigen Körnerspitzen die Gegendrücke auf. Bei Anwendung eines gewöhnlichen Spannfutters oder einer Universalplanscheibe könnte man schwer vermeiden, daß die Achse verspannt oder verbogen wird, weil sie roh und unrund, ihr Mittel aber durch die Körner festgelegt ist. Das Futter nach Bauart Andrew, Abb. 4, ist aber durch Hebel und Federn nachgiebig gemacht, wodurch es sich dem festgelegten Mittel anpassen kann. Eine kreisförmige Platte mit einer Bohrung für den Durchgang der Achse in der Mitte ist durch ein Gelenkpaar mit der Antriebplanscheibe verbunden, ein zweites Paar solcher Gelenke verbindet den losen Mitnehmer mit dem Antrieb, der durch drei kräftige Schrauben mit der abzudrehenden Achse gekuppelt ist, während die Gelenkhebel so weit nachgeben, daß die Unebenheiten der rohen Achse ausgeglichen werden. Starke Federn halten dabei die Triebscheibe in Stellung. Bevor man das Mitnehmerfutter befestigt, muß man die Körnerspitzen gut anstellen und alle Teile des Mitnehmers radial frei beweglich machen; die Federn sollen so eingestellt sein, daß sie gleichmäßig auf die Achse drücken. Die Erfahrung soll gezeigt haben, daß man mit dem beschriebenen Futter auch bei höheren Arbeitsgeschwindigkeiten als mit den gewöhnlichen Einspannvorrichtungen ruhigen Lauf erzielt.

Zu beiden Seiten des Spindelkastens in der Mitte des Bettes arbeiten die mittels Rechts- und Linksschraube angetriebenen, in der Hublänge von einstellbaren Anschlägen begrenzten Supporte, die vorn je zwei Schruppmeißel in der Form von Pilzstählen sowie eine Polierrolle und hinten das breite Formmesser tragen; dieses schlichtet den Bund, den eigentlichen Achsschenkel und den Notlauf, die darauf durch die Rollen poliert werden. Die Maschine läßt sich gleich vorteilhaft zum Schruppen allein oder zum Schruppen und vollständigen Fertigmachen von Achsen benutzen. Man kann so eine gewöhnliche Wagenachse, deren Mittelteil wie üblich schwarz gelassen wird, einschließlich Auf- und Abspannens in 15 min ausschruppen, wobei jeder der Supporte einen Span von 12 mm Tiefe und 2½ mm Vorschub abtrennt. Die Spitzenhöhe der Bank beträgt 380 mm, die Bettlänge 4325 mm und die größte Länge zwischen den Reitstockspitzen 2820 mm.

Auch auf einer Karusselbank für 1300 mm Drehdurchmesser und 960 mm Arbeitshöhe unter dem Querbalken führte die Firma Armstrong, Whitworth & Co. das Drehen mit wagerecht eingespannten Pilzstählen vor, obzwar für die betreffende Dreharbeit solche Stähle nicht gerade notwendig sind und man dagegen sogar einwenden könnte, daß sie im Gegensatz zu richtig auf Schnittwinkel geschliffenen Stählen keinen ruhigen, ungezwungenen Spanabfluß ergeben und eigentlich nur in wenigen Fällen, wie bei Hohlkehlen, Spurkränzen usw., zweckmäßig sind; allerdings haben die Pilzstähle auch den Vorteil, daß man ihre kreisförmigen Schneiden viel seltener als bei normalen Stählen nachzuschleifen braucht, weil man beim Stumpfwerden der Schneide den Pilz nur ein wenig um seine Achse zu drehen braucht. Auffällig war bei dieser Bank auch die nicht mehr ganz neuzeitliche Auswuchtung der beiden Messerstößel durch Vermittlung von zwei Böcken auf dem Querbalken, welche die Rollen für die Seile der Gegengewichte tragen.

Abb. 4. Futter, Bauart Andrew (s. Titelbild).

Abb. 5. Schrauben-Revolverautomat von Armstrong, Whitworth & Co.

Der gleichfalls von Armstrong ausgestellte Schrauben-Revolverautomat, Bauart Smallpiece, Abb. 5, für 22 mm Stangendurchgang und 76 mm Länge soll sich für einfache und verwickelte Teile sowie für kleinere oder größere Mengen gleich gut eignen. Das Deckenvorgelege ermöglicht 12 verschiedene Geschwindigkeiten, worunter passende niedrige Drehzahlen zum Gewindeschneiden und solche für raschen Rücklauf vorhanden sind, auch die Vorschübe kann man durch Wechselräder verändern. Alle Schaltvorgänge werden in bekannter Weise von einer Steuerwelle unter dem Bett abgeleitet, die vom Deckenvorgelege über Planetenräder und Schneckenübersetzung mit Schneckenkranz aus Phosphorbronze angetrieben wird, und die auf der Steuerwelle aufgekeilten Kurventrommeln und andern Schaltteile bringen an den betreffenden Stellen die gewünschten Bewegungen hervor. Die linke Trommel mit aufgeschraubten und nach Bedarf einstellbaren Kurvenleisten öffnet und schließt das Spannfutter an der Hauptspindel und schiebt die Stange vor, die Scheibe unter dem Spindelkasten betätigt die Kupplung für den Vor- und Rücklauf der Hauptspindel, während eine andre Kurvenscheibe die Hebel für die Querbewegung der Abstechsupporte in Tätigkeit setzt oder abstellt; die rechte Kurventrommel bewegt den für sechs Werkzeuge eingerichteten Revolverkopf und die Kupplung zum Schneckenantrieb; das Planetengetriebe liefert hierbei eine gleichbleibende Höchstgeschwindigkeit für die leeren Rückgänge und eine kleinere veränderliche Geschwindigkeit für die Arbeitsbewegung.

Von gewöhnlichen Supportdrehbänken wäre die von Vickers, Openshaw, ausgestellte kleinere, durchaus neuzeitliche Drehbank, Abb. 6, hervorzuheben, die hauptsächlich zur Herstellung von Werkzeugen dient und bei 165 mm Spitzenhöhe, 1830 mm Bettlänge und 900 mm Spitzenweite Leitspindel und Schaftwelle mit selbsttätiger Vorschubauslösung hat. Die in den Ringschmierlagern laufende, auf 25 mm ausgebohrte Spindel hat im vorderen Gewindezapfen rd. 57 mm Dmr.; die Laufbreite der Stufenrolle beträgt 50 mm, die Zahl der Vorschübe 40. Das Bett hat kräftige Kastenform und vier Bahnen, die beiden äußeren mit der bekannten V-Form, während von den innern die eine ebenfalls V-förmig ausgebildet ist und zur Reitstockführung dient, während auf der andern flachen Bahn der Support aufliegt; die Maschine kann auch Kegel bis zu 20° drehen und wird mit dem üblichen Drehbankzubehör ausgestattet; sie wiegt etwa 1000 kg.

Stoß- und Hobelmaschinen.

Hervorzuheben wäre auch eine Zahnradstoßmaschine von Vickers, Abb. 7. Sie arbeitet nach dem amerikanischen Fellow-Gear-Shaper-Verfahren mit Stoßrad und Abwalzung, unterscheidet sich aber in Aufbau und Aussehen von dem auch bei uns wohlbekannten Vorbild. Während dort das Stoßwerkzeug an einer senkrechten Gestellbahn, je nach der Größe des zu bearbeitenden Zahnrades, verschiebbar ist, wird hier das Arbeitstück genau nach dem Durchmesser auf dem Bettprisma verschoben, wobei das Stoßrad die senkrechte Arbeitsbewegung ausführt; daraus ergibt sich eine Gestellform, die der einer gewöhnlichen Stoßmaschine ähnelt.

Die für Außenzahnräder bis zu 1120 mm Dmr. und 152 mm Zahnbreite und für Innenzahnräder bis zu 1270 mm Dmr. bei 100 mm Zahnbreite ausreichende, von unten nach oben schneidende Maschine stellt Verzahnungen bis zu Modul 8 her. Das für die Bearbeitung von Innenzahnkränzen entsprechend weit ausladende Gestell nimmt in der vorderen Senkrechtführung den Stoßschlitten mit der sicher gelagerten, das Stoßrad tragenden Arbeitspindel auf; der senkrechte Auf- und Niedergang wird durch Stahlritzel und Zahnstange bewirkt, die den Kurbeltrieb an der Vorderseite der Maschine erhalten; die Größe des Hubes kann man an der Kurbelscheibe einstellen. Nach jedem Hub vollführt das Stoßrad die durch Wechselräder geregelte Schaltdrehung. Eine kräftige Feder in einem Rundgehäuse über dem Gestell trägt das Gewicht des Stoßschlittens.

Der Aufspanntisch wird an den V-förmigen Bettbahnen nach der Größe des zu verzahnenden Rades mittels Schraubspindel genau auf die Zahntiefe eingestellt und durch flache Leisten gegen das Abheben durch die bei der Spanabnahme auftretenden Kräfte gesichert. Auf dem Tisch ruht das große Teilschneckenrad, womit der Tisch nach jedem Hub selbsttätig fortgeschaltet wird; ferner wird der Tisch mit dem Werkstück nach jedem Schnitt aus dem Stoßrad herausgezogen, damit dieses beim leeren Rückgang nicht beschädigt wird. Für den Arbeitsgang des Stoßrades sind sechs Geschwindigkeiten vorhanden. Die Maschine wird mit Deckenvorgelege, Ölpumpe, Rohrleitungen und entsprechenden Wechselrädern ausgestattet und soll etwa 1850 kg wiegen.

Wenn hier noch auf die Räumnadelmaschine oder Nutenziehmaschine aufmerksam gemacht wird[1]), so

[1]) Vergl. Z. Bd. 63 (1919) S. 1183.

Abb. 6. Supportdrehbank von Vickers.

geschieht es, weil diese Maschinen bei der Herstellung von Keilnuten in Rädern, Scheiben u. dergl. sowie von Vier-, Mehrkant- und allerlei Formbohrungen große Vorteile bieten, die zwar auch bei uns nicht unbekannt sind, aber noch nicht genügend ausgenutzt werden. Auf einer solchen Maschine deutschen Ursprunges kann man bequem 300 Wechselräder in 1 h nuten und in 16 s beim Ziehen einer Nute von 20 mm Breite, 7 mm Tiefe und 150 mm Länge 155 g Stahlspäne herausarbeiten. In England gibt es etwa 12 Fabriken, die solche Maschinen herstellen, bei uns nur ganz wenige.

Die in Abb. 8 wiedergegebene Maschine von Vickers ist wohl dem Erzeugnis der La Pointe Machine Tool Co., Hudson, Mass., nachgebildet. Die Leitschraube erzeugt zweifachveränderliche Schnittgeschwindigkeiten und einen rascheren Rückzug, die unabhängig von einander betätigt und durch einen leicht zugänglichen Hebel am Werkzeugkopf ein- oder ausgeschaltet werden. Das im Ölbad laufende Hauptantriebsrad im Räderkasten ist, damit es ruhig läuft, recht groß gewählt. Der durch Fest- und Leerscheibe angetriebene Rücklauf ist zu 11 m/min bemessen, während die Arbeitsgeschwindigkeiten 900 und 1800 mm/min betragen. Eine Bremse bringt nach jedem Hub die Maschine zum Stillstand. Den axialen Arbeitsdruck nimmt ein Rollenlager von besondrer Bauart an der Leitspindel auf; die flachgängige Antriebmutter aus besondrer Bronze trägt außen die Einrichtung zum Umsteuern, eine längs des Führungsbettes verlegte Schaltstange mit den nach der Länge des Hubes einstellbaren Knaggen verschiebt. Die Leitspindel liegt beim Rückzug in einem Schutzrohr.

Abb. 7. Zahnradstoßmaschine von Vickers.

Abb. 8. Räumnadelmaschine von Vickers.

Der Werkzeugkopf aus Gußstahl trägt eine Gewindespindel, womit man das Werkzeug um 50 mm senkrecht einstellen kann. Die Maschine, die in mehreren Größen gebaut wird, schneidet Keilnuten bis zu 42 mm Breite sowie quadratische Löcher bis zu 80 mm Seitenlänge und hat 1400 mm Hub; die Leitschraube hat 70 mm Dmr. und die Mutter 242 mm Länge. Zum Antrieb wird ein Motor von 7½ PS empfohlen. Die geschlossenen Formen dieser Maschine machen einen recht gefälligen Eindruck.

Die Firma Thomas W. Ward stellte auch eine Querhobelmaschine aus, deren auf dem Bett verschiebbarer Arbeitsstößel 400 mm Hub macht, und die von deutschen Normalbauarten insofern abweicht, als zum Verschieben und Schalten des Bettschlittens keine Schraube, sondern eine in das Bett eingelegte Zahnstange dient, s. Abb. 9; ob das praktisch ein Vorteil ist, bleibe dahingestellt. Allerdings wird die Bauart billiger, doch scheint die Schraubspindel die beträchtlichen Drücke, die, besonders bei schweren Schnitten, in der Richtung der Bettbahnen auftreten können, leichter aufzunehmen. Zum Antrieb wirkt eine vierfache Stufenrolle mit doppelter Räderübersetzung in bekannter Weise auf den den Stößel betätigenden Schwinghebel; die wagrechten Vorschübe sind in vier Stufen von 0,38 bis 1,5 mm veränderlich, die Verschiebung des Schlittens am Bett beträgt 735 mm bei 1230 mm Bettlänge, die Aufspannfläche des Tisches 425 × 375 mm.

Stoß- und Hobelmaschinen üblicher Art suchte man vergebens; die Lancashire Dynamo & Motor Co., Manchester, die auch elektrische Hobelmaschinenantriebe baut, führte eine neue Umsteuerung von Hobelmaschinen vor, aber ohne die Hobelmaschine, deren Vorhanden-

Abb. 9. Querhobelmaschine von Thomas W. Ward.

sein die Wirkung erhöht hätte. Ein mit veränderlicher Geschwindigkeit und Richtung laufender Motor betätigt ein eingekapseltes Umlaufgetriebe, das aus einem größeren Innenzahnrad, einem dazu konzentrischen Rad mit Außenverzahnung und einem in beide eingreifenden Ritzel besteht, und das die langsamere Vorwärts- und die raschere Rückwärtsbewegung für das Hobeln liefert, je nachdem man den Ritzelbetrieb mit dem Innen- oder mit dem Außenzahnrad verbindet. Das Umschalten bewirkt eine vom Motor mittels Schnecke angetriebene Steuerscheibe, wie man sie auch zum Umsteuern von Schraubenstoßmaschinen benutzt; die Knaggen, die an der Steuerscheibe je nach dem Hub einstellbar sind, wirken auf Hebel, die bei jedem Hubwechsel einen der beiden Teile des Planetengetriebes festbremsen oder freigeben. Die Einrichtung ist wohl sinnreich, aber für den Gebrauch in der Praxis vielleicht etwas zu empfindlich.

(Schluß folgt.) [B 721]

Neuzeitliche amerikanische Großtransformatoren.

Die Gründe für den Bau von Großtransformatoren sind einmal darin zu suchen, daß man bei dem Bestreben, mehrere Kraftwerke zu einem größeren Überlandnetz zusammenzuschließen, die Anzahl der Einknüpfpunkte verringern will, dann aber auch in der großen Betriebsicherheit richtig gebauter sehr großer Transformatoren. Einige der besonders bemerkenswerten Verbesserungen, die Wirkungsgrad und Verläßlichkeit dieser Maschinengattung auf die heutige Höhe gebracht haben, werden von A. Palme an der Hand von Ausführungen der General Electric Co. zusammengestellt (vergl. ETZ Bd. 45 (1924) S. 1240/42).

Um die erforderliche Kurzschlußsicherheit zu erreichen, benutzt man anstatt ölgetränkten Hartholzes zum Abstützen von Wicklungsteilen Stahl, Porzellan, Hartpapier. Die Blechpakete der Kerne und Joche werden nicht mehr stumpf gestoßen, sondern eingeschichtet. Kreisrunde Spulen haben die rechteckigen verdrängt, da letztere beim Kurzschluß kreisrund zu werden trachten, und Anzapfungen werden in der Mitte der Wicklung herausgeführt.

RZ 880Z1

Abb. 1. Einphasentransformator mit Selbstkühlung durch 18 Wärmestrahler, 10400 kVA, 60 Per./s, Ansicht von oben.

Die erste, zweite, dritte und für höchste Spannungen auch noch die vierte Scheibenspule werden zu beiden Enden des Schenkels besonders isoliert, wodurch die Wicklung gegen Sprungwellen geschützt wird. Die Isolation der ersten Spule wird so stark gewählt, daß zwischen benachbarten Windungen die volle Prüfspannung der ganzen Hochspannungswicklung ausgehalten wird. Ein oberhalb der Eingangs- und unterhalb der Endspule angeordneter geschlitzter und isolierter Metallring, der mit der Wicklung verbunden ist, hat die Aufgabe eines Potentialverteilers; Holz als Isolierstoff ist durch die Hartpapierstoffe verdrängt, Preßspan dient als Isolator zweiter Ordnung.

Um die beiden größten Feinde des Transformatorenöls, den Sauerstoff der Luft und die Feuchtigkeit möglichst fernzuhalten, bedient man sich des in Europa schon seit langer Zeit verwendeten Ölkonservators, wenigstens für Einheiten von 3000 kVA aufwärts ohne Rücksicht auf die Spannung und für 80 000 V und mehr ohne Rücksicht auf die Leistung. Obgleich der Wirkungsgrad von Großtransformatoren außerordentlich hoch ist, 99 vH und höher, ist die durch den Verlust von 1 vH abzuführende Wärmemenge beträchtlich und bedingt gute Unterteilung der Wicklung, damit das Öl Kupfer und Eisen gut umspülen kann.

Für den Umlauf des erhitzten Öles muß sowohl an der Innenseite der Spule als auch zwischen Kern und Wicklung ein senkrechter Ölkanal freigelassen werden. Die im Eisenkern erzeugte Wärme wird außerdem durch senkrechte Kanäle, die kreuzweis in der Richtung und senkrecht zur Richtung der Eisenbleche angeordnet sind, abgeleitet. Die strahlende Oberfläche des Kastens wird durch zwei oder drei Reihen Eisenröhren vergrößert, die oben und unten umgebogen und in den Kasten eingeschweißt sind. Für Leistungen über 5000 kVA wird der Ölkasten mit Strahlkörpern versehen, Abb. 1. Die 18 Radiatoren des abgebildeten 10400 kVA-Einphasen-Spartransformators (13 800/27 600 V) sind wegen Platzmangels in zwei Reihen zu je 9 angeordnet, und das Öl wird ihnen oberhalb und unterhalb durch große quadratische Stahlröhren zugeführt. Das Gewicht beträgt 36,5 t, wovon 10,9 t auf das Öl entfallen.

Steht der für die selbstkühlende Bauweise erforderliche Raum nicht zur Verfügung, so wählt man Wasserkühlung mittels in den Kasten eingebauter Kupferschlangen, Abb. 2 bis 4; äußere Kühler nebst Motor und Umlaufpumpe gehören zu Ausnahmen. Alle Großtransformatoren werden für Außenaufstellung gebaut. Die Porzellan-Deckeldurchführungen werden für Spannungen über 75 kV mit Ölkühlung ausgeführt. Abb. 2 bis 4 stellen eine der größten im Betrieb befindlichen amerikanischen Einheiten dar, einen 22 000 kVA-Einphasentransformator für 25 Per./s mit einer Übersetzung von 12 000/39 500 V, aber für 68 500 V isoliert. Das Gewicht beträgt 73 t, einschließlich 18 t Öl. Die Gesamthöhe beläuft sich auf 5,79 m; die Wasserkühlung verlangt 319 l/min.

[M 880] W. Kraska.

RZ 880Z2-4

Abb. 2 bis 4. Wassergekühlter Einphasentransformator für 22 000 kVA, 25 Per./s (Maßstab 1 : 60).

Zur Klarstellung der Gefährlichkeit des Dampfkesselbetriebes in der letzten Zeit.

Von *C. Bach.*

Vor 20 Jahren (Sitzung des Württembergischen Bezirksvereins vom 3. November 1904 (Z. Bd. 49 (1905) S. 111) habe ich die verhältnismäßig geringe Gefährlichkeit der Dampfkessel, Dampfleitungen und Dampfkocher bewiesen und diesen Nachweis im Vorwort zu der 1912 erschienenen Schrift von R. Baumann, „Die Grundlagen der deutschen Material- und Bauvorschriften für Dampfkessel", mit Ergänzungen bis 1910 wiederholt. Nachdem wir uns seit einer Reihe von Jahren eingehend mit „Kesselschäden" befaßt haben, sei diese Frage an der Hand der amtlichen Statistik von neuem untersucht.

Die amtliche Statistik der Dampfkesselexplosionen im Deutschen Reich, die jetzt bis einschließlich 1923 (Z. Bd. 68 Nr. 45 vom 8. November 1924) vorliegt, ergibt in Abb. 1 für die Zahl der Explosionen den ausgezogenen Linienzug und für die Zahl der dabei verletzten Personen den gestrichelten Linienzug. Das Jahr 1877 zeigt 20 Explosionen und 58 Verletzte (21 Tote, 14 Schwer- und 23 Leichtverletzte), das folgende Jahr 18 Explosionen sowie 32 Verletzte usf. Die Zahl der Explosionen steigt bis zu 35 Explosionen im Jahre 1894 und fällt bis auf 13 im Jahre 1900, schwankt dann zwischen 17 und 8, um im Jahre 1921 auf 12 anzusteigen und im Jahre 1923 auf 6 zu sinken.

Abb. 1. Zahl der Dampfkesselexplosionen und der dabei verletzten Personen von 1877 bis 1923.

Die hohe Zahl von 35 Explosionen im Jahre 1894 ergab sich als Folge eines Erlasses des Reichskanzlers vom 24. Februar 1894, wonach auch noch in einigen der folgenden Jahre Unfälle als Explosionen aufgenommen wurden, die in Wirklichkeit keine Explosionen waren. Über die in dem genannten Erlaß aufgestellte neue und ganz verfehlte Definition für „Explosionen", für deren Beseitigung ich mich sofort einsetzte, sobald ich davon Kenntnis erhielt, habe ich im Württembergischen Bezirksverein am 5. April 1894 berichtet (Z. Bd. 38 (1894) S. 909). Das führte zu einer Eingabe an die württembergische Regierung und sodann zu der Eingabe an den Reichskanzler vom 28. Juni 1894, die in der VDI-Zeitschrift Bd. 38 (1894) S. 887 veröffentlicht ist. Es gelang schließlich den vereinten Bemühungen (s. Z. Bd. 40 (1896) S. 448), die Aufstellung einer sachgemäß abgefaßten Definition für „Dampfkesselexplosionen" herbeizuführen (Beschluß des Bundesrates vom 21. Januar 1897). Diese hat durch die Vereinbarung des V. d. I. mit der Vereinigung der in Deutschland arbeitenden Privat-Feuer-Versicherungs-Gesellschaften hinsichtlich des Begriffes „Explosion" eine ergänzende Klarstellung erfahren (vergl. Z. Bd. 55 (1911) S. 1663).

Einblick in die Entstehungsgeschichte des Erlasses des Reichskanzlers vom 24. Februar 1894 gewähren die in der Zeitschrift Bd. 49 (1905) S. 379 und 380 veröffentlichten Zuschriften. Es empfiehlt sich, die im vorstehenden angegebenen Stellen nachzulesen; man kann aus ihnen viel lernen. Der Ingenieur pflegt sich leider viel zu wenig um die historische Entwicklung der Dinge zu bekümmern.

Fassen wir die Zahl der Verletzten ins Auge, so sehen wir, daß sie 1877 58 beträgt, 1878 auf 32 fällt, 1879 auf 78 ansteigt, 1887 die höchste Zahl 83 erlangt, mit Ausnahme des Jahres 1895 ziemlich niedrig verläuft und erst 1920 wieder einen hohen Wert, nämlich 66, erreicht, um von da an auf 38, 37 und 2 zu sinken. Die letzte Zahl kann sich, da Nachträge zur Statistik des letzten Jahres 1923 noch folgen können, möglicherweise ändern. Aber selbst wenn sich die Zahl der Verletzten und die Zahl der Explosionen für 1923 noch etwas ändern sollte, so erhellt doch deutlich, daß nach 1920 (dem Jahre, wo die Explosion in Reisholz mit 28 tödlich Verletzten stattfand) nicht nur die Zahl der Explosionen, sondern auch die Zahl der Verunglückten im Mittel niedriger ist als im ganzen Zeitraum, auf den sich die Statistik erstreckt. Und das trotz der überaus starken Steigerung der Dampfspannungen, trotz des Wachsens der Zahl der Kessel sowie ihrer Größe und trotz der überaus ungünstigen Einflüsse, die mit dem Krieg und seinen Nachwirkungen unvermeidlich waren.

Das ist ein deutlicher Beweis für die erfolgreiche Tätigkeit aller derjenigen, die sich nach der Explosion in Reisholz zusammengefunden haben, um mit aller Kraft und durch die Tat auf Erhöhung der Betriebsicherheit der Dampfkessel hinzuwirken. Die Statistik bekundet ferner, daß die Opfer, die mancher zur Verhütung weiterer Unfälle gebracht hat, nicht vergeblich waren, und bildet im ganzen somit einen Ansporn, auf dem eingeschlagenen Wege der Gemeinschaftsarbeit mit positiven Leistungen weiterzuschreiten. Für die deutsche Industrie und die Überwachungsvereine liegt darin eine weitgehende Anerkennung.

[B 1024]

Artschaubilder und Auswahl von Lüftern.

Von Dr.-Ing. Max Berlowitz, Berat. Ing. V. B. I., Berlin.

Aus der Eulerschen Turbinengleichung werden unter der Annahme von Druck- und Energieverlusten „Artschaubilder" abgeleitet, die jeweils für alle verschieden großen Modelle der gleichen Kreiselradart Gültigkeit haben. Die marktgängigen Bauarten der Schleuder- und Schraubenlüfter werden grundsätzlich eingeteilt und beschrieben. Zeichnerisches Verfahren, aus einer Anzahl von Modellen gleicher oder verschiedener Bauart das wirtschaftlich günstigste herauszufinden.

Im Gegensatz zur Zentralheizungsindustrie, bei der die Herstellung von Kesseln, Heizkörpern, Rohren und Ausrüstungsteilen in den Händen weniger Großbetriebe, die Planung und Ausführung von Anlagen dagegen in den Händen einer großen Zahl kleiner und kleinster Firmen liegen, sich also eine reinliche Scheidung zwischen konzentrierter Herstellung und dezentralisiertem Einbau herausgebildet hat, ist in der Lüftungsindustrie diese Trennung noch nicht erfolgt. Abgesehen von wenigen mittleren Betrieben, die bereits Ventilatoren in Reihen herstellen, werden diese im übrigen als ein Teil der Rohrleitung von jeder kleinsten Firma ohne wissenschaftliches Rüstzeug und ohne ausreichende Hilfsmittel für den Einzelfall hergestellt. Trotz seines ehrwürdigen Alters erweckt daher der Ventilatorenbau im Vergleich zu andern Gebieten des Maschinenbaues weniger das Bild eines auf wissenschaftlicher Grundlage beruhenden Industriezweiges, als vielmehr das eines auf persönlichen Erfahrungen beruhenden Handwerks. Als Folgen dieses Zustandes sind eine Unzahl von Bauarten auf dem Markt mit beinahe ebensovielen verschiedenen Bezeichnungen, die die Verwirrung noch vermehren.

Zu den auf wirtschaftlichen Verhältnissen beruhenden Schwierigkeiten tritt eine weitere auf dem Gebiet der Meßtechnik hinzu, deren Zustand für den Fortschritt jedes Maschinenzweiges von ausschlaggebender Bedeutung ist. Wenn auch die im Jahre 1912 vom V. d. I. und VDMA herausgegebenen „Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren"[1]) die theoretischen Grundlagen für die einschlägigen Versuche liefern, so sind damit, abgesehen davon, daß die besten Regeln eine falsche Auslegung nicht verhindern können, keineswegs die bei der Ausführung entstehenden Schwierigkeiten überwunden. Richtige Luftmessungen bleiben eine seltene Kunst, weil sie eine langjährige Vertrautheit mit Verfahren und Geräten zur Voraussetzung haben. Das in technischen Zeitschriften veröffentlichte zahlreiche Versuchsmaterial läßt bei wissenschaftlicher Kritik die letztere Bedingung leider vielfach vermissen, so daß nur eine kleine Auswahl als brauchbar betrachtet werden kann. Es ist daher nicht verwunderlich, daß sonst sehr erfahrene Betriebsleiter auf dem Gebiet der Ventilatoren in Ermangelung wissenschaftlicher Merkmale nicht nachprüfbaren geschäftlichen Anpreisungen ziemlich hilflos ausgeliefert sind. Die nachstehende Abhandlung hat den Zweck, auf Grund eines in der Praxis erprobten Verfahrens die **Betriebseigenschaften der wichtigsten Ventilatorbauformen** zu untersuchen und damit Richtlinien für ihre Wahl aufzustellen.

Nimmt man zunächst an, daß die Energieumsetzung von der Radwelle bis zur Drucköffnung verlustlos vor sich geht, so ist die Nutzleistung der Gasfördermaschine gleich der ihr zugeführten Energie. Es besteht somit bei allen umlaufenden Arbeitsmaschinen für gasförmige Fördermittel die Gleichung

$$\int_{p_{i_1}}^{p_{i_2}} V \, d p_i = M_i \, \omega \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1),$$

wenn V das geförderte Volumen in m^3/s, p_i den Gesamtdruck des strömenden Gases in kg/m^2, d. i. die Summe aus dem statischen Druck p_{st} (Druck auf die Kanalwand) und dem dynamischen Druck p_d (Geschwindigkeitshöhe) im gleichen Querschnitt, p_{i_1} den Gesamtdruck in der Saugöffnung, p_{i_2} den in der Drucköffnung in kg/m^2, M_i das an die Radwelle abgegebene Drehmoment in mkg, $\omega = \frac{2 \pi n}{60}$ die Winkelgeschwindigkeit des Rades bedeuten. Der Beiwert i deutet an, daß es sich entsprechend der obigen Voraussetzung zunächst um ideelle Werte handelt.

Ich habe an andrer Stelle[2]) gezeigt, daß man für das obige Integral zweckmäßig drei Verdichtungsstufen unterscheidet, die durch die Druckverhältnisse $\frac{p_2}{p_1} = 1{,}02$ und $1{,}20$ begrenzt sind. Dann kann man, ohne für beliebige Zustandsänderungen die praktisch zulässige Fehlergrenze von rd. 2 vH zu überschreiten, für die erste Stufe die Zustandsänderungen vernachlässigen, d. h. das Einheitsgewicht γ als unveränderlich betrachten und für die zweite Stufe als festes Einheitsgewicht das algebraische Mittel γ_m der Endwerte benutzen. In Zahlentafel 1 sind die drei Verdichtungsstufen, für die ich die Bezeichnungen „Lüfter", „Gebläse" und „Verdichter" vorgeschlagen habe, durch ihre wesentlichsten Merkmale gekennzeichnet.

Die folgenden Betrachtungen beziehen sich ausschließlich auf die erste Verdichtungsstufe, also auf Druckunterschiede von < rd. 200 mm W.-S., und zwar auf beide Arten von Kreiselrädern, nämlich Schleuder- (Radial-) und Schrauben-(Axial-)Lüfter. Da die Veränderlichkeit von V für die erste Verdichtungsstufe zu vernachlässigen ist, so nimmt Gl. (1) folgende Form an:

$$V (p_{i_2} - p_{i_1}) = M_i \, \omega \quad \ldots \ldots \quad (1a).$$

Die Grundlage der Berechnung aller Kreiselräder bildet der Eulersche Momentensatz, der besagt, daß das Drehmoment der äußeren Kräfte gleich dem Unterschied der Drehmomente der tangentialen Bewegungsgrößen des Gases am Austritt und Eintritt des Rades ist:

$$M_i = \frac{G}{g} (r_2 c_2 \cos \beta_2 - r_1 c_1 \cos \beta_1) \quad \ldots \quad (2).$$

Hierin bedeuten G das geförderte Gasgewicht in kg/s, die anderen Buchstaben Halbmesser, Winkel und Geschwindigkeiten, die für die verschiedenen Formen der Schleuderräder in den Axialschnitten, Abb. 1 bis 3, und für Schraubenräder in dem abgewickelten Zylinderschnitt, Abb. 4, dargestellt sind.

Durch Multiplikation von Gl. (2) mit ω erhält man die Energiegleichung:

$$M_i \, \omega = \frac{G}{g} (u_2 c_2 \cos \beta_2 - u_1 c_1 \cos \beta_1) \quad \ldots \quad (3).$$

Aus Gl. (1a) und (3) folgt der erzeugte Druckunterschied in mm W.-S.:

$$p_{i_2} - p_{i_1} = \frac{\gamma}{g} (u_2 c_2 \cos \beta_2 - u_1 c_1 \cos \beta_1) \quad \ldots \quad (4).$$

Man kann nun bei allen Kreiselrädern mit praktisch hinreichender Genauigkeit eine drehungsfreie Strömung in der Saugöffnung voraussetzen, womit der Wert $u_1 c_1 \cos \beta_1$

Zahlentafel 1. Merkmale der drei Verdichtungsstufen.

Verdichtungsstufe	Bezeichnung	Druckgrenzen	Druckeinheit	Einheitsgewicht kg/m³	Nutzleistung kg/s
1	Lüfter	$0 < \frac{p_2}{p_1} \leq 1{,}02$	kg/m²	$\gamma = \text{konst.}$	$L = V (p_2 - p_1)$
2	Gebläse	$1{,}02 < \frac{p_2}{p_1} \leq 1{,}20$	kg/m²	$\gamma_m = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2}$	$L = V_1 \frac{2 p_1}{p_1 + p_2} (p_2 - p_1)$
3	Verdichter	$1{,}20 < \frac{p_2}{p_1}$	kg/cm²	$\gamma = \frac{p}{R \, r}$	$L = 10\,000 \int_{p_1}^{p_2} V \, d p$

[1]) Ein neuer Entwurf dieser Regeln ist in Arbeit.

[2]) „Gliederung und Bezeichnung der Luftfördermaschinen". „Gesundheits-Ingenieur" Bd. 44 Heft 13 vom 26. März 1921.

vorwärts gerade rückwärts

Abb. 1 bis 3. Geschwindigkeitsschaulinien der Schleuderräder.

in Gl. (4) wegen $\beta_1 = 90°$ verschwindet. Ferner muß man die Einschränkung machen, daß der Wert $u_2 c_2 \cos\beta_2$ in allen Fällen über der Austrittkante der Schaufeln den gleichen Wert besitzt, d. h. bei allen Schleuderrädern nur eine Funktion des Halbmessers, bei allen Schraubenrädern nur eine Funktion der Achsenkoordinate ist. Diese Voraussetzung, deren Bedingungen H. Lorenz[1]) für die achsensymmetrische Strömung eingehend untersucht hat, dürfte praktisch in den seltensten Fällen erfüllt und die Hauptursache der Abweichungen zwischen Ausführung und Vorausberechnung sein.

Nach Abb. 1 bis 4 kann man

$$c_2 \cos\beta_2 = u_2 + w_2 \cos\alpha_2 \quad \ldots \quad (5)$$

setzen. Hiermit geht Gl. (4) über in

$$p_{i2} - p_{i1} = \frac{\gamma}{g}\,(u_2^2 + u_2 w_2 \cos\alpha_2) \quad \ldots \quad (6).$$

Benutzt man w_2 als Maßstab für das Gasvolumen V und bezeichnet den Bruch $\frac{\gamma u_2^2}{g}$, der die Dimension des Druckes hat, mit p_0, so wird der Zusammenhang zwischen Druck und Gasmenge bei verlustlosem Energieumsatz und unveränderter Umlaufzahl in dimensionsloser Form:

$$\frac{p_{i2} - p_{i1}}{p_0} = 1 + \frac{w_2}{u_2}\cos\alpha_2 \quad \ldots \quad (6a).$$

Geometrisch bedeutet diese Gleichung eine Gerade, deren Richtungsfaktor $\cos\alpha_2 \lesseqgtr 0$ ist, je nachdem, ob die Schaufeln am Austritt im Sinne der Drehrichtung vorwärts, gerade oder rückwärts gerichtet sind. Abb. 5 zeigt den Verlauf für die Winkel $\alpha_2 = 45°$, $90°$ und $135°$. Zu bemerken ist hierbei, daß bei Schleuderrädern alle drei Winkelgrößen möglich und üblich sind, bei Schraubenrädern dagegen nur die Abb. 4 entsprechende Ausführung mit $\alpha_2 > 90°$ in Frage kommt. Die den Druckverlauf der Schraubenlüfter kennzeichnenden Linien ähneln daher in ihrer Form denjenigen rückwärtsgekrümmter Schleuderlüfter, während sich über den Verlauf ihres Energiebedarfes allgemeine Schlüsse kaum ziehen lassen.

Ein Abb. 5 entsprechendes Schaubild läßt sich dagegen für den Energiebedarf der Schleuderlüfter entwerfen. Bedeutet F_2 den Austrittquerschnitt des Rades in m², so ist

$$V = F_2 w_2 \quad \ldots \quad (7).$$

Dann wird nach Gl. (1) der Energiebedarf in mkg/s

$$L_{i2} = (p_{i2} - p_{i1})\,F_2 w_2 \quad \ldots \quad (8)$$

und mit Gl. (6)

$$L_i = \frac{\gamma u_2^3}{g}\left[\frac{w_2}{u_2} + \left(\frac{w_2}{u_2}\right)^2 \cos\alpha_2\right] F_2 \quad \ldots \quad (9)$$

oder in dimensionsloser Form, wenn man die unveränderliche Leistung $\frac{\gamma u_2^3 F_2}{g}$ mit L_0 bezeichnet,

$$\frac{L_i}{L_0} = \frac{w_2}{u_2} + \left(\frac{w_2}{u_2}\right)^2 \cos\alpha_2 \quad \ldots \quad (9a),$$

d. h. der Energiebedarf wird als Funktion von $\frac{w_2}{u_2}$ eine Parabel mit dem Parameter $\frac{\cos\alpha_2}{2}$ und der Scheiteltangente $\frac{L_i}{L_0} = \frac{w_2}{u_2}$. Abb. 6 zeigt die drei Kurven wieder für die

[1]) „Neue Berechnung und Theorie der Kreiselräder" R. Oldenbourg 1911.

Abb. 4. Geschwindigkeitsschaulinien des Schraubenrades.

Abb. 5. Druckkennlinien der Schleuderräder.

Winkel $\alpha_2 = 45°$, $90°$ und $135°$. Der Wert $\frac{w_2}{u_2} = 1$, mit dem die Schaubilder 5 und 6 abschließen, ist nur als Beispiel, nicht etwa als allgemein gültiger Grenzwert aufzufassen.

Die bisherigen Werte von Druck und Energiebedarf waren ideeller Art unter der Voraussetzung verlustloser Energieumsetzung. Um den Charakter der wirklichen Kurven zu erhalten, seien nun in den beiden Schaubildern, Abb. 5 und 6, die Hauptverluste in roher Annäherung berücksichtigt und die wirklichen Werte des Druckes und Energiebedarfs mit den gleichen Buchstaben ohne Beiwert bezeichnet. In Abb. 5 stelle die Parabel

$$\frac{p_v}{p_0} = k_1 \left(\frac{w_2}{u_2}\right)^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (10)$$

in dimensionsloser Form für alle drei Gattungen den Druckverlust dar, der im Innern der Lüfter von der Saug- bis zur Drucköffnung durch Reibung, Kontraktion, Stoß, Richtungsänderungen usw. entsteht. Der wirkliche Druck $p_2 - p_1$ ergibt sich dann als Abstand von dieser Verlustparabel. Beim Energiebedarf wird, wenn man von der Lagerreibung ganz absieht, ein zusätzlicher Betrag dadurch hervorgerufen, daß Rückströmungen durch den Spalt, bei schlechten Bauarten auch durch die Schaufeln stattfinden, die mit zunehmender Drosselung wachsen. Diese Verlustmengen müssen auf den Druck des nutzbar geförderten Volumens gebracht werden. Beträgt das Verlustvolumen für alle drei Bauarten annäherungsweise

$$V_v = k_2 \left(1 - \frac{w_2}{u_2}\right)^2 F_2 u_2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (11),$$

so wird der entsprechende Energiebetrag bei Vernachlässigung des sehr kleinen Einflusses der Schaufelkrümmung

$$\frac{L_v}{L_0} = k_2 \left(1 - \frac{w_2}{u_2}\right)^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (12).$$

Diese Gleichung stellt wieder eine Parabel dar, die in Abb. 6 als zusätzlicher Betrag nach unten verzeichnet ist, so daß die Gesamtenergie L von dieser Parabel als Nullinie aus abzulesen ist. Im Punkte völliger Abdrosselung ist daher der wirkliche Energiebedarf nicht Null, sondern hat den Wert $k_2 L_0$, der als Leerlaufverlust bezeichnet wird. Es sei noch bemerkt, daß die Festwerte k_1 und k_2 unbenannte, nur von den geometrischen Verhältnissen der Lüfter abhängige Zahlen bedeuten und diese Bedeutung auch für den Fall beibehalten, daß die Druck- und Energieverluste im einzelnen genauer berechnet werden.

Abb. 6. Energiebedarfskennlinien der Schleuderräder.

Mit diesen Ergänzungen zeigen nun Abb. 5 und 6 deutlich den charakteristischen Einfluß der Schaufelkrümmung der Schleuderräder. Je kleiner der Winkel α_2, also je stärker die Schaufeln vorgekrümmt sind, um so größer werden bei gleicher Umfangsgeschwindigkeit Druck, Gasmenge und Energiebedarf und umgekehrt. Für gleiche Luftmenge und gleichen Druck erfordern also die Räder eine um so größere Umfangsgeschwindigkeit, je weiter rückwärts die Schaufeln gekrümmt sind. Die gerade endigenden Schaufeln liegen natürlich zwischen vorwärts und rückwärts gekrümmten. Bei allen vorwärts gekrümmten Rädern hat die Druckkurve einen Höchstwert, während sie bei geraden und rückwärts gekrümmten Rädern von Beginn an stetig sinkt, eine Eigenschaft, die, wie sich später zeigen wird, bei Parallelschaltung von Lüftern wichtig ist. Der Energiebedarf steigt bei Vorwärtskrümmung sehr stark, bis zum freien Ausblasen auf ein Vielfaches der Leerlaufenergie, während die Energiekurve bei rückwärts gekrümmten Schleuderrädern nur flach ansteigt, von einem bestimmten Winkel α_2 an einen Höchstwert erreicht und bei Schraubenlüftern in der Regel sogar mit wachsender Luftmenge sinkt.

Es ist nun mehrfach versucht worden, aus den ideellen Drucklinien unter Berücksichtigung der einzelnen Verlustquellen das wirkliche Druck-Volumen-Schaubild eines Lüfters abzuleiten[1]). Man brachte aber stetst nur im Sinne einer Rückwärtsprophezeiung die durch Versuche aufgenommenen Schaubilder nachträglich mit den ideellen Drucklinien in Einklang. Als unmöglich muß es jedoch bis jetzt angesehen werden, die einer gegebenen Bauart entsprechende Charakteristik, d. i. die Auftragung der Druck- und Energiebedarfslinien über dem Luftvolumen, ohne Versuche rechnerisch zu ermitteln.

Der aus dieser Tatsache entstehende Wunsch, jede Einzelerfahrung in möglichst weitem Umfange nutzbar zu machen, wird nun durch ein Verfahren befriedigt, das unter meiner Mitwirkung bereits in die erste Fassung der oben genannten Regeln kurz aufgenommen war und im Entwurf der zweiten Fassung enthalten ist.

Die Gleichungen (7), (6) und (9) für Volumen, Druck und Energiebedarf mögen in etwas andrer Form nochmals hingeschrieben werden.

$$V = F_2 u_2 \frac{w_2}{u_2} = F_2 u_2 f_1 \left(\frac{w_2}{u_2}\right) \quad . \; . \; . \; . \quad (13),$$

$$p_{i_2} - p_{i_1} = \frac{\gamma u_2^2}{g} \left(1 + \frac{w_2}{u_2} \cos \alpha_2\right) = \frac{\gamma u_2^2}{g} f_2 \left(\frac{w_2}{u_2}, \cos \alpha_2\right) \quad (14),$$

$$L_i = \frac{\gamma u_2^3}{g} F_2 \left[\frac{w_2}{u_2} + \left(\frac{w_2}{u_2}\right)^2 \cos \alpha_2\right]$$

$$= \frac{\gamma u_2^3}{g} F_2 f_3 \left(\frac{w_2}{u_2}, \cos \alpha_2\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (15).$$

Die rechten Seiten aller drei Ausdrücke zerfallen also in je zwei Teile, wovon die ersteren aus Festwerten, die letzteren aus Funktionen der Werte $\frac{w_2}{u_2}$ und geometrischen Kennziffern bestehen. Diese grundsätzliche Beziehung wird auch dadurch nicht geändert, daß man unter Berücksichtigung der Verluste nach Gl. (10) und (12) die angenäherten Ausdrücke für die wirklichen Werte von Druck- und Energiebedarf bildet, also:

$$p_2 - p_1 = p_{i_2} - p_{i_1} - p_v = \frac{\gamma u_2^2}{g} f_4 \left(\frac{w_2}{u_2}, \cos \alpha_2, k_1\right) \; . \; (16),$$

$$L = L_i + L_v = \frac{\gamma u_2^3}{g} F_2 f_5 \left(\frac{w_2}{u_2}, \cos \alpha_2, k_2\right) \quad . \; . \; (17).$$

Das Verhältnis $\frac{w_2}{u_2}$ kennzeichnet eindeutig den Betriebzustand der Maschine, die Werte $\cos \alpha_2$, k_1 und k_2 beschreiben eindeutig und vollständig die geometrischen Verhältnisse des Lüfters. In Worten ausgedrückt, lauten Gl. (13), (16) und (17) daher folgendermaßen:

[1]) Vergl. R. Biel, Forschungsarbeiten Heft 42, und H. Hübner, Z. f. d. ges. Turbinenwesen Bd. 8 (1911) S. 465 u. f.

Bei gleichem Betriebzustand und geometrisch ähnlicher Bauart ist

a) die geförderte Luftmenge	der Umfangsgeschwindigkeit und dem Radaustrittquerschnitt verhältnisgleich,
b) der erzeugte Gesamtdruck	dem Quadrat der Umfangsgeschwindigkeit und dem Einheitsgewicht des Fördermittels verhältnisgleich,
c) die erforderliche Leistung	dem Kubus der Umfangsgeschwindigkeit, dem Radaustrittquerschnitt und dem Einheitsgewicht des Fördermittels verhältnisgleich.

Diese im Lüfterbau als „Ähnlichkeitsgesetze" bekannten Zusammenhänge gelten erfahrungsgemäß für alle Kreiselräder. Sie beschränken sich nach obigem nicht auf ein Modell, sondern gelten für eine ganze Lüfterart, wenn man unter „Art" die Gesamtheit geometrisch ähnlicher Modelle verschiedener Größe bezeichnet. Die geometrische Ähnlichkeit bezieht sich selbstverständlich nur auf die Maße aller Luftwege, nicht z. B. auf die durch Festigkeitsrücksichten bedingten Wanddicken. Da sich auch bei Leitungsnetzen der Widerstand angenähert dem Quadrat der Luftmenge verhältnisgleich ändert, so werden die gleichen Betriebzustände desselben Modells äußerlich durch ein gleiches Leitungsnetz oder eine gleiche künstliche Belastung (Düsen, Stauränder usw.) gekennzeichnet. Bei eingebauten Schleuderrädern läßt sich äußerlich der Radaustrittquerschnitt F_2 nicht feststellen, so daß man als Festwert zweckmäßiger die Drucköffnung F_a des Gehäuses wählt, ferner benutzt man üblicherweise nicht den theoretisch abgeleiteten Wert $\frac{\gamma u_2^2}{g}$, sondern die der Umfangsgeschwindigkeit u entsprechende Geschwindigkeitshöhe $\frac{\gamma u_2^2}{2g} = p_u$. Dann lauten Gl. (13), (16), (17) in Übereinstimmung mit den „Regeln":

$$V = \varphi F_a u \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (18),$$

$$p_2 - p_1 = \psi p_u \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (19),$$

$$L = \lambda F_a u p_u \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (20).$$

Die unbenannten Werte φ, ψ und λ, die man der Reihe nach als Liefer-, Druck- und Leistungsziffern bezeichnet, bedeuten also bisher nur durch Versuche festzustellende Funktionen des Betriebzustandes und der geometrischen Verhältnisse einer Lüfterart. Durch Benutzung der Gl. (18) bis (20) wäre man nun in der Lage, eine durch Versuch ermittelte Einzelcharakteristik unbenannt und damit für die ganze Lüfterart gültig zu machen. Dann würde die Abszisse an Stelle des Volumens zwar die unbenannte Lieferziffer sein, aber für jede Lüfterart verschiedene Länge haben, da φ, mit null beginnend, nach oben in gewissen Grenzen beweglich ist. Um den Vergleich verschiedener Arten zu ermöglichen, muß daher eine Abszisse von stets gleicher Länge gewählt werden.

Ebenso wie durch $\frac{w_2}{u_2}$ und φ kann der Betriebzustand durch das Verhältnis beliebiger Funktionen von Luftmenge und Umfangsgeschwindigkeit gekennzeichnet werden, sofern nur Zähler und Nenner die gleiche Benennung haben. Als zweckmäßigster Ausdruck, vor allem mit Rücksicht auf die Beziehungen zwischen Lüftern und Leitungsnetzen hat sich im praktischen Gebrauch der Bruch

$$\sigma = \frac{p_{d_a}}{p_2 - p_1} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (21)$$

bewährt, wo p_{d_a} die Geschwindigkeitshöhe des Rades in der Drucköffnung bedeutet, also

$$p_{d_a} = \frac{\gamma}{2g}\left(\frac{V}{F_a}\right) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (22)$$

Es ist sofort zu übersehen, daß beim Lüfter der Wert $\sigma = 0$ dem Zustand der völligen Abdrosselung oder Leerlauf, $\sigma = 1$ dem Zustand des freien Ausblasens entspricht, wobei der erzeugte Gesamtdruck ausschließlich in Geschwindigkeitshöhe besteht. In ganz ähnlicher Weise kennzeichnet der Bruch $\sigma = \frac{p_d}{p_2 - p_1}$, unabhängig von der geförderten Luftmenge, in dimensionsloser Form den Widerstand eines Leitungsnetzes, sofern es nur Drosselwiderstände, also keine nennenswerten Höhenunterschiede hat. Auch hier kann σ nur in den Grenzen 0 bis 1 schwanken, da $\sigma = 0$ eine dicht abgeschlossene Leitung, $\sigma = 1$ eine Ausblasöffnung ohne Längenausdehnung bedeutet. σ sei daher als Kennziffer des Betriebzustandes oder kurz als „Kennziffer" bezeichnet, gleichviel, ob es sich um Lüfter oder Leitungsnetze handelt.

Zu den drei kennzeichnenden Ziffern φ, ψ und λ tritt zweckmäßig als vierte im Artschaubild der Wirkungsgrad η hinzu. Nach seiner Bedeutungsgleichung

$$V(p_2 - p_1) = \eta L \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (23).$$

und mittels Gl. (18), (20) wird

$$\eta = \frac{\varphi \psi}{\lambda} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (24).$$

Ferner besteht nach Gl. (18) und (19) noch folgender Zusammenhang zwischen Kenn-, Liefer- und Druckziffer:

$$\sigma = \frac{\varphi^2}{\psi} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (25),$$

so daß von den fünf Veränderlichen φ, ψ, λ, η, σ nur drei unabhängig sind.

Beispiel.

Ein Beispiel möge nun die Umwandlung eines Einzelschaubildes in ein Artschaubild erläutern. Abb. 7 stelle die Charakteristik eines doppelseitig saugenden, vorwärtsgekrümmten Lüfters bei folgenden Festwerten vor:

Drucköffnung . . . . . $F_a = 0{,}3\ \text{m}^2$
Einheitsgewicht . . . . $\gamma = 1{,}2\ \text{kg/m}^3$
Umfangsgeschwindigkeit $u_2 = 43{,}2\ \text{m/s}$.

Zunächst verzeichne man im Schaubild die Parabel des dynamischen Druckes p_{d_a} (Gl. 22), der die Drucklinie im Punkte des freien Ausblasens, in diesem Falle bei $V = 11{,}9\ \text{m}^3/\text{s}$, schneidet. Das Schaubild noch über diesen Punkt hinaus zu erweitern, ist bei Anwendung von Diffusoren wohl möglich, aber ohne jeden praktischen Wert. Die zugeführte Energiemenge W ist hier in kW angegeben, wobei $\text{kW} = \frac{1000}{9{,}81}$ mkg/s bedeutet. Die in Zahlentafel 2, S. 40, in den Spalten 1 bis 6 aufgeführten Werte lassen sich jetzt ohne weiteres aus Abb. 7 ablesen. Die weiteren Werte werden der Reihe nach folgendermaßen errechnet:

Spalte 7) $\sigma = \frac{p_{d_a}}{p_2 - p_1}$ . . . . n. Gl. (21),

Spalte 8) $\varphi = \frac{V}{F_a u_2} = 0{,}0775\ V$ . . . . . . n. Gl. (18),

Spalte 9) $\psi = \frac{p_2 - p_1}{p_u} = \frac{p_2 - p_1}{114}$ . . . . . n. Gl. (19),

Spalte 10) $\lambda = \frac{1000}{9{,}81\ F_a u p_u}\text{kW} = 0{,}0695\ \text{kW}$ n. Gl. (20).

Abb. 7. Einzelschaubild eines doppelseitig saugenden, vorwärtsgekrümmten Lüfters.

Zahlentafel 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nr.	V	$p_2 - p_1$	p_{d_a}	kW	η	σ	φ	ψ	λ
1	0	154	0	3,8	0	0	0	1,35	0,264
2	2	163	2,7	5,9	54	0,017	0,155	1,43	0,41
3	4	172	11,3	9,2	73	0,066	0,31	1,51	0,64
4	6	165	24,5	13,2	74	0,15	0,465	1,45	0,92
5	8	144	43,5	17,3	65	0,30	0,62	1,27	1,20
6	10	119,5	68	21,5	55	0,57	0,775	1,05	1,49
7	11	107,5	83	23,6	49	0,77	0,85	0,94	1,64
8	11,5	101,5	90	24,7	46	0,89	0,89	0,89	1,72
9	11,9	96	96	25,5	44	1,00	0,92	0,84	1,77

Die η-Werte bleiben natürlich die gleichen. Die Aufzeichnung der Kurven für $\varphi, \psi, \eta, \lambda$ über der Kennziffer σ gemäß Abb. 8 ergibt das gesuchte Schaubild der durch das Beispiel eindeutig beschriebenen Lüfterart. Dadurch, daß die Abszisse σ eine quadratische Funktion des Betriebzustandes ist, wird das Artschaubild gegenüber dem Ursprungsbild verzerrt. In Fällen, in denen dieser Umstand stört, benutzt man für die Abszisse zweckmäßig eine logarithmische Teilung nach Abb. 9.

Der Gültigkeitsbereich dieser Artschaubilder wird nun dadurch begrenzt, daß in dem Festwert k_1 Reibungsverluste anteilig enthalten sind, die mit der Geschwindigkeit in einer etwas kleineren Potenz als 2 wachsen und außerdem dem Bruch $\frac{U}{F}$ verhältnisgleich sind, der mit wachsender Modellgröße sinkt. Der Nutzdruck wird also bei kleinerer Umfangsgeschwindigkeit und kleineren Modellen in Wirklichkeit kleiner, als er sich nach den Ähnlichkeitsgesetzen ergibt, so daß man zweckmäßig bei allen Artschaubildern die Festwerte F_a und u_2 des Ursprungmodells vermerkt. Immerhin sind die Abweichungen so klein, daß man einen Bereich von rd. 80 vH aufwärts und rd. 45 vH abwärts, bezogen auf die Festwerte des Ursprungmodells, mit praktisch hinreichender Genauigkeit beherrscht. In ähnlichen Grenzen sind die Artschaubilder auch für Gebläse, also die zweite Verdichtungsstufe, verwendbar, wenn man in allen Gleichungen schreibt:

$$V_m = \frac{2\, p_1 V_1}{p_1 + p_2} \quad \text{anstatt } V$$

und

$$\gamma_m = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} \quad \text{anstatt } \gamma.$$

Die unmittelbar aus dem Eulerschen Momentensatz folgenden Artschaubilder sind nichts anderes als eine einheitliche und übersichtliche Form der Materialsammlung, vielleicht die einzige, die es ermöglicht, unsere Erfahrungen auf dem bisher noch recht dunklen Gebiet der Kreiselräder wissenschaftlich zu ordnen. Die bisher übliche Berechnung von Lüftern mittels einer Druck- und einer Wirkungsgradziffer hat nur für Einzelanfertigung einen Sinn, die sich immer mehr auf die wenigen großen Ausführungen für Gruben- und Tunnelbewetterung beschränkt. Je mehr sich auch der Lüfterbau unter dem Zwange wirtschaftlicher Verhältnisse auf einige größere Betriebe vereinigt, um so mehr macht sich das Bedürfnis geltend, im Reihenbau für eine Lagerhaltung Lüfterarten von solcher Charakteristik zu bauen, daß jedes Modell nicht nur für einen bestimmten Betriebzustand, sondern für ein möglichst weites Anwendungsgebiet vorteilhaft benutzt werden kann.

Abb. 8. Artschaubild zum Lüfter Abb. 7.

Abb. 9. Artschaubild zum Lüfter, Abb. 7, mit logarithmischer Abszisse.

Das Artschaubild gibt nun in wenigen, von jedem Maßsystem und jeder persönlichen Ansicht unabhängigen Linien die vollständige Beschreibung aller Eigenschaften einer Kreiselradart. Sind von den fünf Werten: Luftmenge, Gesamtdruck, Energiebedarf, Umfangsgeschwindigkeit und Ausblasequerschnitt, zwei beliebige gegeben, so kann man bei bekanntem Leitungsnetz mittels eines Artschaubildes stets die übrigen errechnen. Man kann also beispielsweise aus der Untersuchung eines Modells von 400 mm Saugöffnung bei einer Umfangsgeschwindigkeit von 20 m/s eine ganze Liste für alle Modelle von 220 bis rd. 700 mm Saugöffnung und Umfangsgeschwindigkeiten von rd. 11 bis 36 m/s aufstellen. Versuche mit atmosphärischer Luft lassen sich durch Artschaubilder für die Förderung beliebiger Gase bei beliebigen Temperaturen verwenden.

Ein glänzendes Hilfsmittel können die Artschaubilder im Patentwesen bilden, sobald man bei Kreiselrädern technische Fragen der Patentfähigkeit und Patentverletzung zu entscheiden hat, bei denen heute die Kammern den Sachverständigengutachten hilflos ausgeliefert sind. Der Hersteller kann mit ihrer Hilfe den Einfluß baulicher Verschiedenheiten an Modellen ungleicher Größe untersuchen. Schließlich werden sie sich auch in der Hand des technisch gebildeten Abnehmers zur Auswahl einer für einen bestimmten Zweck geeigneten Art als nutzbringend erweisen.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß die Ähnlichkeitsgesetze in gleicher Weise auch für tropfbare Flüssigkeiten anzuwenden sind, sofern man als Druckeinheit an Stelle der Größe kg/m² die Flüssigkeitshöhen in m benutzt. Auch für Kreiselpumpen ist die Verwendung von Artschaubildern vorteilhaft, wenn auch nicht in dem Umfang wie bei Lüftern und Gebläsen möglich, weil dort die Widerstände zum erheblichen Teil aus Höhenunterschieden gebildet werden, die eine Benutzung von Kennziffern für das Leitungsnetz ausschließen. (Schluß folgt.) [B 730]

Dampfkesselböden unter äußerem Überdruck.

Von *C. Diegel*, *Fürstenwalde a. d. Spree.*

Ergebnisse der Prüfung eines gewölbten Bodens der bisher gebräuchlichen Form von größerem Durchmesser. — Der Vergleich mit den Erebnissen früherer Prüfungen von kleineren Böden zeigt unzureichende Widerstandsfähigkeit.

Als ich im Jahre 1920 über die Beanspruchung nach außen gewölbter Kesselböden durch inneren Überdruck berichtete[1]), mußte ich von der Bekanntgabe gleichartiger Untersuchungen über die Beanspruchung nach innen gewölbter Böden durch äußeren Überdruck absehen[2]), weil die bis dahin ausgeführten Versuche nicht umfangreich genug waren, um daraus ein Urteil zu gewinnen. Namentlich fehlten Ergebnisse der Prüfung von Böden mit größerem Durchmesser. Nachdem inzwischen bei Julius Pintsch A.-G. ein Boden von großem Durchmesser auf Einbeulung durch äußeren Druck untersucht worden ist, dürfte die Bekanntgabe der Ergebnisse dieser Untersuchung und derjenigen früherer Versuche von Wert sein.

Die Wandstärke s gewölbter gebördelter Böden aus Flußeisen vom Wölbungshalbmesser R, die auf der erhabenen Seite durch den Überdruck p belastet sind. berechnet man auf Grund der Bauvorschriften für Landdampfkessel und für Dampffässer (Abschnitt VIII) nach der Formel

$$k = \frac{p\,R}{200\,s},$$

worin k als Druckbeanspruchung bis zu 6,5 kg/mm² gewählt werden darf, jedoch 40 vH der „Einbeulungsspannung" nicht überschreiten darf, die bei Böden aus Flußeisen zu berechnen ist aus:

$$k_0 = 26 - 1{,}15\sqrt{\frac{R}{s}}.$$

[1]) C. Diegel, Versuche über die Beanspruchung des Materials geschweißter zylindrischer Kessel mit nach außen gewölbten Böden. Sonderreihe M der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens Heft 2 S. 36/69.
[2]) ebenda, Fußnote auf S. 40.

Abb. 1 und 2. Doppelwandiger Blechboden.

Ferner soll der Krempungshalbmesser so groß sein, daß ein ausreichend allmählicher Übergang vom zylindrischen Teil am Umfang des Bodens in den gewölbten mittleren Teil stattfindet. Diese Vorschrift hat jedoch bisher wenig Beachtung gefunden, weil zahlenmäßige Angaben dazu fehlen.

Die angegebene Berechnungsweise stützt sich auf beschränkte Versuchsunterlagen und hat in vielen Fällen bei Verwendung von gepreßten Böden der bisher allgemein üblichen Form unzulässig geringe Wandstärken ergeben.

Die Firma Julius Pintsch A.-G. verwendet solche Böden bis zu sehr großen Abmessungen für Vakuum-Trocken- und Imprägnierkessel, die meistens für die Beheizung mit Dampf doppelwandig ausgeführt werden. Um eine zuverlässige Unterlage für die Bemessung der Wandstärken zu erlangen, hat man bereits vor längerer Zeit Versuche mit Böden bis zu 1250 mm Dmr. angestellt. Neuerdings ist noch ein Boden von 2700 mm Dmr. geprüft worden, dessen Rand mit demjenigen eines Bodens von 2800 mm mittels Wassergases verschweißt war, Abb. 1. Diese Ausführungsart hat man gewählt, um die Herstellungskosten niedrig zu halten. Die Prüfung erfolgte durch Eindrücken von Wasser in den Hohlraum zwischen den Böden, so daß der Boden von 2700 mm Dmr. durch äußern, der von 2800 mm Dmr. durch innern Druck beansprucht wurde. Die Versuchsböden waren in der bisher üblichen Weise mit kleinem innerm Krempungshalbmesser von etwa 40 mm ausgeführt.

Auf dem zusammengeschweißten Krempenrand des Versuchskörpers wurde ein Flacheisenkreuz angebracht, Abb. 2, das an zwei Schenkeln mit dem Bodenrand leicht verschweißt wurde, während die beiden andern Schenkel lose auflagen. In der Mitte und in je 675 mm Abstand davon führte das Kreuz in der Längsrichtung verschiebbare Stifte 1 bis 5, die unten mit Spitzen in Körnereindrücken auf der Bodenwölbung standen, s. Abb. 3. Die an den Stiften gemessenen, durch äußeren Überdruck hervorgerufenen bleibenden Formänderungen des innern Bodens von 2700 mm Dmr. sind in Zahlentafel 1 enthalten.

Zahlentafel 1.
Bleibende Ausdehnung des inneren Bodens.

Überdruck	Meßstelle				
	1	2	3	4	5
at	mm	mm	mm	mm	mm
17	0,1	0,5	0,3	0,2	0,3
18	0,1	0,7	0,6	0,6	0,4
19	0,5	1,4	1,1	1,4	1,9
20	1,4	2,6	1,9	2,4	2,9
21	3,3	4,8	4,0	4,0	4,8
21,5	14,0	15,3	9,6	12,1	19,5

Der Durchmesser des zusammengeschweißten Bodenrandes erfuhr eine bleibende Vergrößerung von 3,2 mm in der Richtung von 2 nach 4, Abb. 2, und von 4 mm in der

Abb. 3. Meßeinrichtung am Versuchsboden.

Richtung von 3 nach 5. Ein höherer Druck als 21,5 at wurde nicht erreicht. Bei weiterem Pumpen nahm der Druck wieder ab, da der innere Boden begonnen hatte, sich einzubeulen. Der Versuch wurde deshalb abgebrochen.

Beim innern Boden begann das Abspringen des Zunders an der Krempe bei etwa 18 at, und es erstreckte sich allmählich auf einen ringsum laufenden Streifen von 100 bis 200 mm Breite radial vom Rand aus gemessen. Dabei traten an vielen Stellen deutliche Streckfiguren auf.

Der Wölbungshalbmesser des innern Bodens veränderte sich in der Mitte, innerhalb der Meßpunkte 2, 3, 4, 5 nicht merklich. Zwischen diesen Punkten und der Krempe trat jedoch eine deutliche Abflachung ein, die bei Punkt 3 nur gering war, von dort aber nach beiden Seiten über Punkt 2 und 4 nach Punkt 5 hin zunahm. Zwischen diesem und der Krempe war der Wölbungsbogen fast in eine gerade Linie übergegangen, der Boden nahm an dieser Stelle nahezu die Form eines Kegelmantel-Ausschnittes an.

Aus der oben erwähnten Formel

$$k_0 = 26 - 1{,}15 \sqrt{\frac{R}{s}}$$

ergibt die Rechnung für den innern Boden die „Einbeulungsspannung" $k_0 = 15{,}15$ kg/mm², entsprechend einem Flüssigkeitsdruck $p_0 = 34$ at nach der Formel

$$p_0 = \frac{200\, k_0\, s}{R}.$$

In Wirklichkeit begann die Einbeulung aber bereits bei 21,5 at, also bei einem um etwa 37 vH geringeren Druck.

Dmr. Einen großen Einfluß auf die Versuchsergebnisse dürfte dieser Umstand aber nicht gehabt haben.

Aus Zahlentafel 2 geht deutlich hervor, daß die übliche Berechnung gegen äußeren Druck bei gepreßten Böden der bisher gebräuchlichen Form, bei welcher der zylindrische Umfang nicht ausreichend allmählich in die Bodenwölbung übergeht, in der Regel nicht die in der Dampfkessel-Bauvorschrift vorausgesetzte 2,5fache Sicherheit beim Betriebsdruck gegen Einbeulen ergibt. Die Einbeulung trat vielmehr bei der überwiegenden Mehrzahl der angestellten Versuche schon beim 1,6fachen bis 2,2fachen des nach der üblichen Berechnung zulässigen Betriebsdruckes ein.

Der Grund hierfür ist in der übermäßigen Materialanstrengung in der mit zu kleinem Halbmesser ausgeführten Bodenkrempe zu suchen. Wie schon Bach[2]) nachgewiesen hat, sind solche Bodenkrempen um ein Vielfaches höher beansprucht als die Wölbung.

Aus meiner früheren Arbeit[3]) ist zu ersehen, daß bei Prüfung solcher Böden von verschiedenem Durchmesser mit innerem Druck bei größerem Bodendurchmesser schon durch eine wesentlich geringere Materialanstrengung k der Bodenwölbung bleibende Formänderungen hervorgerufen werden als bei kleinerem Bodendurchmesser. Hieraus hatte ich die Folgerung gezogen, daß man bei der Berechnung solcher Böden nach der Formel

$$s = \frac{p\,R}{200\,k}$$

bei größeren Böden einen erheblich geringeren Wert für k als bei kleineren einsetzen muß, um unzulässige Materialanstrengungen in der Krempung zu vermeiden.

Bei äußerem Druck ist die Krempe gegenüber der Wölbung in ähnlichem Maß höher beansprucht. Deshalb

Zahlentafel 2. Versuche mit gewölbten Böden bei äußerem Überdruck.

Versuch von	Boden-Nr.	Wandstärke des Zylinders	Abmessungen: äußerer Dmr.	Abmessungen: äußerer Wölbungshalbmesser	Abmessungen: innerer Krempungshalbmesser	Abmessungen: Wandstärke	Nach den Versuchen betrug beim Beginn der Einbeulung: der äußere Druck	Nach den Versuchen betrug beim Beginn der Einbeulung: die Materialanstrengung $k' = \frac{p'\,R}{200\,s}$	Zulässige Materialanstrengung dieser Versuchsböden beim Betriebsdruck p nach der üblichen Berechnungsweise: $k = 0{,}4\left[26 - 1{,}15\sqrt{\frac{R}{s}}\right]$, jedoch höchstens $k = 6{,}5$	Sicherheit gegen Einbeulen beim Betriebsdruck
		s_1 mm	D mm	R mm	r mm	s mm	p' at	k' kg/mm²	k kg/mm²	$\frac{k'}{k}$
Diegel	1	10,5	420	401	13	9,4	62	13,2	6.5	2,03
„	2	10,7	600	663	16	12	50	13.8	6,5	2 12
v. Bach	E	—	700	1020	30	10,2	25	12,5	5,8	2,15
„	F	—	700	908	35	10,8	29	12,2	6,2	1,98
„	G	—	700	902	30	15,9	54.5	15,5	6.5	2,38
„	I	—	700	1007	—	6,9	17,5	12,8	4,85	2,64
„	II	—	700	993	—	12,9	40	15,4	6.35	2,42
Diegel	3	7,6	745	881	20	10,8	28	11,4	6,25	1,82
„	4	9,8	980	1425	33	14.8	24	11,6	5,9	1,96
„	5	10	1250	1832	40	17,2	21	11,2	5,65	1,98
„	6	20	1250	1837	40	17,3	23	12,2	5,65	2,16
„	7	—	2700	2680	40	30	21,5	9,6	6,05	1,6

In Zahlentafel 2 sind neben den Ergebnissen des beschriebenen Versuches noch diejenigen der bei Julius Pintsch A.-G. früher ausgeführten Versuche an gewölbten Böden bisher gebräuchlicher Form mit äußerem Druck enthalten. Bei diesen Versuchen wurden vollzylindrische Mäntel verwendet, in welche die Versuchsböden mit der Wölbung nach innen eingesetzt und mittels Wassergases verschweißt waren. Aus den Versuchen 5 und 6 ist der Einfluß der Wandstärke des zylindrischen Mantels auf die Widerstandsfähigkeit des Bodens zu erkennen. Diese hat durch Verdoppeln der Zylinderwandstärke um fast 10 vH zugenommen. In die Zahlentafel 2 sind auch die Versuche von Bach[1]) an Böden von 700 mm Dmr. aufgenommen, die mit der Wölbung nach innen in einen zylindrischen Mantel eingenietet waren.

Die Beanspruchung des an den Boden anschließenden zylindrischen Teiles (des Mantels) und die daraus hervorgehende Unterstützung, die der Boden hier gegen Hinausschieben der Krempe durch den Flüssigkeitsdruck erfährt, war somit bei den früheren Versuchen anders als bei dem jetzt ausgeführten Versuche mit dem Boden von 2700 mm

treten schon bei verhältnismäßig niedrigen Werten von k bleibende Formänderungen ein. Während diese aber bei innerem Druck die Bodenform derart ändern, daß deren Widerstandsfähigkeit erhöht wird, wird bei äußerem Druck infolge des Nachgebens der Krempe der anschließende Teil der Wölbung abgeflacht, was bei weiterer Drucksteigerung sehr bald zur Einbeulung führt. Die eingebeulten Stellen lagen daher bei den Versuchen nicht in der Mitte des Bodens, sondern einseitig, so daß sie bis an die Krempe heranreichten.

Um eine ausreichende Sicherheit gegen Einbeulung zu erhalten, darf man deshalb die Materialanstrengung

$$k = \frac{p\,R}{200\,s}$$

in der Bodenwölbung bei der Berechnung auf Druck für Böden verschiedener Durchmesser mit den üblichen kleinen Krempungshalbmessern nicht gleichmäßig zu $k = 6{,}5$ kg/mm² einsetzen, sondern man darf sie nur so hoch wählen, daß beim Betriebsdruck genügende Sicherheit gegen bleibende Formänderungen an der Bodenkrempe vorhanden ist.

[1]) Vergl. Z. Bd. 43 (1899) S. 1615.

[2]) Vergl. Z. Bd. 43 (1899) S. 1535, Bd. 67 (1923) S. 1113.

[3]) a. a. O. Abb. 7 S. 51.

Abb. 4. Abnahme der zulässigen Materialbeanspruchung mit wachsendem Bodendurchmesser.

Wählt man k bei der Berechnung auf Druck für verschiedene Bodendurchmesser nach Abb. 4, so ist immer 2,4fache bis 3,2fache Sicherheit gegen Einbeulen vorhanden, wie aus den eingetragenen Werten von k', bei denen die Einbeulung der Versuchsböden eintrat, hervorgeht.

Außerdem muß natürlich in bisheriger Weise die „Einbeulungsspannung" k_0 des Bodens aus

$$k_0 = 26 - 1{,}15 \sqrt{\frac{R}{s}}$$

berechnet und geprüft werden, ob k nach Abb. 4 nicht größer als 0,4 k_0 ist. Dies wird aber nur bei besonders dünnen Böden der Fall sein, die dann entsprechend verstärkt werden müssen.

Aus Abb. 4 und Zahlentafel 2 ist zu ersehen, daß außer dem Durchmesser des Bodens auch das Verhältnis der Wandstärke zum Durchmesser oder Wölbungshalbmesser und (wie bereits erwähnt) die Wandstärke des zylindrischen Mantels einen Einfluß auf die Materialanstrengung k' haben, bei der die Einbeulung eintritt. Die Versuchsergebnisse genügen aber nicht, um einen zuverlässigen Anhalt für die Berücksichtigung dieses Einflusses zu geben.

Mit diesem Berechnungshinweis soll nicht empfohlen werden, die bisher gebräuchliche Bodenform auch für höhere Drücke weiter zu verwenden. Vielmehr ist die Einführung einer günstigeren Form auch für Böden mit äußerem Drucke dringend erwünscht und schon vorbereitet. Eine größere Anzahl von Böden neuer Form wird zurzeit mit innerem und äußerem Überdruck durch das Materialprüfungsamt in Stuttgart geprüft. [B 917]

Eine neue Doppelbodenbauart.

Beim Bau des Motorschiffes „Moveria" der Donaldson Line auf der Werft von Vickers in Barrow ist zum erstenmal die Doppelbodenbauart von Vickers-Wingate angewendet worden, die bei gleicher Festigkeit wie die bisher üblichen Bauarten die Vorzüge geringeren Gewichtes, besserer Zugänglichkeit und einfacherer Bauarbeit haben soll. Der Doppelboden besteht hierbei aus nur wenigen querschiffs liegenden Bodenwrangen, zwischen denen Längsträger besonderer Bauart liegen. Der Längsträgerabstand ist wesentlich geringer als allgemein üblich, so daß sie die Hauptunterstützung für Innenboden- und Außenbodenbeplattung bilden. Die querliegenden Bodenwrangen laufen von der Kimm bis zum Mittelträger durch und sind oben und unten durch doppelte Befestigungswinkel mit den Beplattungen des Innen- und Außenbodens verbunden; ihr Abstand beträgt auf der „Moveria" vier Spantentfernungen. Bis auf die gewöhnlichen Erleichterungslöcher werden diese Bodenwrangen durch volle Platten gebildet. In kurzem Abstand von der Randplatte des Doppelbodens läuft ein zwischengeschobener Längsträger, der ebenfalls aus einer vollen Platte mit Erleichterungslöchern besteht und an dem an jedem Spant kurze Querplatten befestigt sind, die die Kimm stützen und den oberhalb des Doppelbodens befindlichen Kimmstützplatten entsprechen. Je nach der Breite des Schiffes sind diese seitlichen Längsträger mehr oder weniger von dem Mittellängsträger entfernt angeordnet. Der Mittellängsträger, die Seitenlängsträger und die in großem Abstand liegenden Bodenwrangen bilden den schweren Stützverband des Doppelbodens.

Die Felder des von ihnen gebildeten Netzwerkes werden von den leichteren Längsspantträgern unterstützt. Diese Längsspantträger bestehen aus nicht durchlaufenden Wulstwinkeln sowohl am Innen- als am Außenboden. An jedem Ende werden sie durch viereckige Stützplatten mit den Bodenwrangen verbunden; die Stützplatten haben Erleichterungslöcher und sind am freien Ende umgeflanscht. Die Länge der Stützplatten ist etwa gleich der Spantentfernung des Schiffes, so daß die Wulstwinkel sehr gut eingespannt sind. Soweit aus den bisherigen Veröffentlichungen zu ersehen ist, beträgt die Entfernung der Längsspantträger voneinander etwa 750 mm, ist also ungefähr gleich der gewöhnlichen Spantentfernung. Im Bereiche des Maschinenraumes hat man bei der „Moveria" indes einen gewöhnlichen Doppelboden mit vollen Bodenwrangen an jedem Spant angeordnet und ihn im Bereich der Maschine noch besonders verstärkt. Der Doppelboden nach der neuen Bauart soll beträchtlich leichter sein als die übliche Bauart mit vollen Bodenwrangen, vor allem auch deshalb, weil die Klassifikationsgesellschaften bei Anwendung der neuen Bauart eine Verringerung der Dicke der Außenhautbeplattung zugelassen haben. Die Zugänglichkeit ist außerordentlich gut, da zwischen den Stützplatten der Längsspanten immer eine sehr breite und hohe Öffnung bleibt.

Beim Bau des neuen Doppelbodens kann wesentlich mehr normalisierte Schablonenarbeit angewendet werden, als bei der gewöhnlichen Bauart, da fast alle Konstruktionsteile von gleicher Größe und rechteckiger Form sind; hierdurch werden die Baukosten verringert. („Shipbuilding and Shipping Record" vom 16. Oktober 1924.) [N 989] C.

Die Wärmewirtschaft in der Kalkindustrie.

Die Vorträge und Erörterungen anläßlich der Tagung der Wärmestelle der Kalkindustrie am 11. Dezember 1924 zeigten die hohe Bedeutung, die den wärmewirtschaftlichen Bestrebungen innerhalb der Kalkindustrie zukommt. Zwei Punkte stehen hierbei gegenwärtig im Vordergrunde der Aufmerksamkeit: die Abwärmeverwertung und die Kohlenstaubfeuerung. Für die unmittelbare Erzeugung von Dampf genügt, wie Dipl.-Ing. Laaser auf der Tagung zeigte, die Temperatur von etwa 450 °C, die die Abgase haben, keineswegs. Die einzige Möglichkeit, die Abgaswärme nutzbringend zu verwenden, ist, abgesehen von den vereinzelt vorkommenden Fällen der Abgasheizung von Wohn- und Fabrikräumen, die Vorwärmung der Verbrennungsluft in Lamellenvorwärmern. Man kann auf diese Weise 16 bis 20 vH der zuzuführenden Wärmemenge ersparen. Insbesondere zeigt sich, daß nach Einführung der Vorwärmung die Höhe des Luftüberschusses nicht mehr eine so bedeutende Rolle spielt wie vorher, und daß damit Fehler in dieser Hinsicht weniger schwerwiegend sein werden.

Die Frage der Kohlenstaubfeuerung bei Kalkbrennöfen ist nach den Ausführungen von Dr. P. Rosin noch nicht ganz geklärt. Allerdings haben ausgedehnte Versuche in dieser Richtung auf den Rheinischen Kalksteinwerken in Wülfrath ergeben, daß ein wirtschaftlicher und technischer Betrieb mit Kohlenstaubfeuerung unter bestimmten Bedingungen möglich ist. Alle Vorteile der Kohlenstaubfeuerung traten auch hier in Erscheinung, wie bessere Mischung des Brennstoffes mit der Verbrennungsluft und infolgedessen Herabsetzung der Luftüberschußzahl, beste Regelbarkeit und Erleichterung in der Beförderung des Brennstoffes, den man z. B. durch bis etwa 1,5 km lange Rohrleitungen wie eine Flüssigkeit pumpen kann. Die Befürchtungen, daß der Kalk überhitzt werden und ein sogenanntes Totbrennen eintreten würde, sind nicht eingetroffen. An der heißesten Stelle der Flamme nämlich trifft der entgaste Kohlenstaub auf Kohlendioxyd, das bei der Umsetzung des Rohstoffes Kalziumkarbonat in Ätzkalk (CaO) frei wird, und reduziert das CO_2 zu CO, wodurch Wärme gebunden und die Temperatur auf etwa 1000 °C herabgesetzt wird.

Daß der Verwendungsmöglichkeit des abfallenden Kohlendioxyds sehr viele sind, bewies Prof. Dr. Quincke, Hannover. Bei der Scheidung der Zuckersäfte in den Zuckerfabriken, beim Solvaysoda-Prozeß, bei der Umsetzung des Schwefelkalziums zu Schwefelwasserstoff bei der Reinigung der Karbolsäure und vielen andern Reaktionen wird es gebraucht. Von besonderer Wichtigkeit wird vielleicht nach neueren Feststellungen die Verwendung von Kohlensäure in der Landwirtschaft werden[1]). Der in der Regel etwa 0,03 vH betragende Gehalt an Kohlensäure in der Außenluft scheint für die Atmung der Pflanzen nicht ausreichend zu sein, und es ist gelungen, durch Steigerung dieses Gehaltes eine starke Erhöhung des Ertrages der Äcker und Wiesen zu erzielen. Ein Kalkofen mittlerer Leistung soll nach neuesten Forschungen genügen, um den Ertrag von 44 Morgen auf das Dreifache zu steigern.

[N 995] Dr. G.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 439

Wärmewirtschaft und Kraftversorgung in der Rübenzuckerindustrie[1].

Von Dipl.-Ing. H. Kind, Berlin.

An der Hand einer Wärmebilanz werden Maßnahmen besprochen, die in einer Rübenzuckerfabrik durchgeführt werden müssen, um mit geringstmöglichem Brennstoffaufwand zu arbeiten. Die Mechanisierung des Kesselhausbetriebes, der Einbau von Dampfspeichern sowie die Zentralisierung der Krafterzeugung und im Zusammenhang damit die Einführung der elektrischen Kraftübertragung werden befürwortet. Schließlich werden Richtlinien gegeben für die Auswahl des geeigneten Materials zur elektrischen Kraftübertragung sowie für die Anwendung zweckmäßiger Antriebe.

Einleitung.

Rübenzucker und Rohrzucker haben einander schon immer scharfen Wettbewerb auf dem Weltmarkt gemacht. Nachdem sich die Rübenzuckergewinnung Ende des letzten Jahrhunderts in ungeahnter Weise entwickelt hatte, betrug sie gegen 1900 mehr als die Hälfte der gesamten Weltgewinnung an Zucker. Seitdem haben sich die Verhältnisse erheblich verschoben, und heute ist der Anteil des Rohrzuckers derart gewachsen, daß die Rübenzuckererzeugung nur noch ⅓ der Weltzuckererzeugung beträgt. Wenn die Rübenzucker-Industrie ihren alten Platz auf dem Weltmarkt wieder erobern will, so wird sie erhebliche Anstrengungen machen müssen und keine Mittel und keinen Weg außer acht lassen dürfen, um ihre Erzeugungsbedingungen zu verbessern. Neben der Einführung neuzeitlicher Fabrikationsverfahren, durch die erstens eine rasche und im Fabrikationsvorgang folgerichtige Verarbeitung der Rüben sowie ihre restlose Ausnutzung gewährleistet wird, ist hier die Verbesserung der Wärmewirtschaft im Zusammenhang mit einer planvollen Regelung der Kraftversorgung und Kraftverteilung von ausschlaggebender Bedeutung.

Zweck dieser kurzen Abhandlung soll es sein, die beiden letzten Punkte, die für die wirtschaftliche Betriebsführung einer Rohzuckerfabrik von besonderem Einfluß sind, zu besprechen.

Wärmewirtschaft.

Um sich über einen wärmeverbrauchenden Fabrikationsvorgang Klarheit zu verschaffen, stellt man zweckmäßig eine Wärmebilanz auf. Bei der Rohzuckerherstellung ist in der Hauptsache Wärme erforderlich:

a) zur Krafterzeugung,
b) zum Anwärmen des Saftes,
c) zum Verdampfen und Einkochen des Saftes.

Der Bedarf für die Schnitzeltrocknung soll unberücksichtigt bleiben, weil nicht alle Fabriken eine derartige Anlage besitzen und es sich hier um die Entwicklung allgemein gültiger Grundsätze handelt. Die Erfahrungszahlen über den Kraftbedarf und den Wärmebedarf in kcal auf je 100 kg Rüben sind selbst unter den Zuckerfachleuten umstritten. Der Kraftbedarf auf je 100 kg wird angegeben mit 1,2 PS bis zu 2 PS. Er hängt in erster Linie davon ab, wie weit der Betrieb mechanisiert ist, d. h. wie weit bei den einzelnen Werken Handarbeit durch Maschinenarbeit ersetzt worden ist. Auch hinsichtlich des Wärmebedarfes gehen die Meinungen weit auseinander. Die meist noch in Hundertteilen des zu verarbeitenden Rübengewichtes angegebenen Dampfziffern schwanken zwischen 45 und 65. Hier ist der Unterschied wohl in erster Linie darauf zurückzuführen, daß der Wärmebedarf der Hilfseinrichtungen sowie die Verlustziffern nicht immer richtig bewertet werden. Für unsere weiteren Betrachtungen wollen wir mittlere Werte zugrunde legen und als Normalfall eine fünffache Verdampfung annehmen. Es ergibt sich dann etwa folgende Bilanz:

a)	Krafterzeugung	rd.	1 000 kcal
b)	Anwärmen des Saftes	„	15 000 „
c)	Verdampfen des Saftes	„	{ 6 000 „ / 4 000 „ }
	Einkochen des Saftes	„	5 000 „
d)	Verluste in der Maschine durch Strahlung, Undichtigkeit usw.	„	5 000 „
	zusammen	rd.	36 000 kcal

Wir wollen nun die einzelnen Punkte der Bilanz durchgehen und dabei prüfen, wo zum Nutzen der gesamten Wärmewirtschaft gespart werden kann.

[1] Beitrag zur Weltkraftkonferenz London 1924.

Nehmen wir zuerst den

Wärmebedarf für die Krafterzeugung.

In unserer Bilanz ist der theoretische Bedarfswert eingesetzt. Ältere Fabriken arbeiten zumeist noch mit dem Vielmaschinensystem, d. h. sie haben an mehreren Stellen in der Fabrik eine Gegendruck-Dampfmaschine laufen, die eine Gruppe von Arbeitsmaschinen antreibt und deren Abdampf der Verdampfstation zugeführt wird. Rechnen wir für alte Maschinen mit 40 vH Verlustziffer, so heißt das, daß in den Maschinen selbst ungefähr 600 kcal verloren gehen. Ersparnisse können nur erzielt werden:

1. durch Ersatz der vielen einzelnen Gegendruck-Dampfmaschinen durch eine Maschine,
2. durch Anwendung höherer Drücke für Dampfeintritt und für den Gegendruck.

Die Vorteile, die durch die zuerst genannte Maßnahme erzielt werden können, sind wohl unumstritten. Der thermische Wirkungsgrad größerer und jetzt auch nach neuzeitlichen Grundsätzen gebauter Maschinen ist erheblich besser. Bei der zweiten Maßnahme ist man jedoch in der Wahl der neuen Verhältnisse nicht frei. Mit dem Gegendruck wird man über 3,5 at abs kaum hinausgehen können, denn die Temperatur des trocken gesättigten Dampfes beträgt bei dieser Spannung schon 138 °. Mit höherer Temperatur als 120 ° bis 130 ° will man jedoch erfahrungsgemäß im Verdampfer nicht arbeiten. Hinsichtlich des Eintrittsdruckes würden die Ergebnisse der letzten technischen Entwicklung allerdings die Möglichkeit bieten, bis 60 at und in Kürze vielleicht auch darüber hinaus zu gehen. Wollte man dann jedoch die ganze Dampfmenge, die man in der Verdampf- und Kochanlage braucht, in der Kraftmaschine ausnutzen, so würde man eine Leistung erzielen, für die man keine praktische Verwendung hätte.

Solange sich Rohzuckerfabriken nicht mit andern wärmeverbrauchenden Betrieben zu einer sich ergänzenden Wärmewirtschaft zusammenfinden können, hat also die Wahl höherer und höchster Drücke keinen Zweck. Eine solche Ergänzung ist aber bei Rohzuckerfabriken mit Rücksicht auf die kurze Dauer der Kampagne äußerst schwierig, ja fast unmöglich. Jedenfalls können die Verhältnisse nicht mit denen verglichen werden, die in viel günstigerem Maße bei Raffinerien vorliegen.

Auch die Abgabe der Überschußenergie an Überlandwerke wird nur in den seltensten Fällen möglich sein, da auch diese Werke sich nur schwer auf eine so kurzfristige Zulieferung einstellen können. Ein Parallelbetrieb wird kaum zufriedenstellend geführt werden können, und die Zuweisung bestimmter abgetrennter Versorgungsgebiete an die Kraftzentrale der Rohzuckerfabrik wird nur selten möglich sein. So sehr also andre Krafterzeugungsstätten aus der Verwendung höchster Drücke Nutzen ziehen können, so wenig hat die Wahl derartiger Drücke, von Ausnahmefällen abgesehen, für Rohzuckerfabriken, bei denen der Wärmebedarf für die Krafterzeugung sich zum Gesamtwärmebedarf etwa verhält wie 1 : 30, irgendwelche praktische Bedeutung.

Den Rohzuckerfabrikanten kann daher nur empfohlen werden, hier vorsichtig zu sein und sich in dem Bestreben, mit der Zeit mitgehen zu wollen, nicht zu Maßnahmen verleiten zu lassen, die bei den vorliegenden Verhältnissen keinen Vorteil bringen können. Dampfdrücke von höchstens 16 bis 18 at bei einer Überhitzungstemperatur von 300 ° werden allgemein immer ausreichen, um zu einem wirtschaftlichen Betrieb zu kommen. Die Ersparnisse, die bei der Durchführung der erwähnten Maßnahmen erzielt werden können, dürfen, soweit es sich auf die Kraft-

erzeugung selbst bezieht, mit 350 bis 400 kcal sehr hoch bewertet sein. Von sehr ausschlaggebender Bedeutung ist dies, wie wir sehen, nicht, denn es handelt sich um wenig mehr als 1 vH.

Diese Ersparnisse an Wärme oder Kohle würden die außerordentlichen Aufwendungen für die Umbauten, die die erwähnten Maßnahmen erfordern, kaum rechtfertigen. Weiter unten wird aber zu sehen sein, welche weiteren Vorteile diese Maßnahme im gegebenen Fall mit sich bringt und wie ihre Durchführung einen andern Posten der Bilanz so wesentlich beeinflußt, daß man sie doch in allen Fällen als notwendig bezeichnen muß.

Der Wärmebedarf für das Anwärmen des Saftes

dürfte sich kaum noch vermindern lassen. Rasche Verarbeitung, kurze Transportwege sichern eine Niedrighaltung der Abkühlungsverluste und damit einen möglichst geringen Wärmeverbrauch für den vorliegenden Arbeitsvorgang. Ausschlaggebende Ersparnisse dürften sich aber kaum erzielen lassen.

Der Wärmebedarf für das Verdampfen des Saftes

ist ein Punkt, bei dem man verschiedentlich eingesetzt hat, um den Gesamtwärmeverlust zu vermindern. Man hat die Einführung der Druckverdampfung vorgeschlagen, um zu vermeiden, daß die erheblichen Wärmemengen, die jetzt im Kondensator an das Kühlwasser abgegeben werden, verloren gehen. Ob hier wirklich so große Ersparnisse gemacht werden können, wie man vielfach annimmt, erscheint noch zweifelhaft. In erster Linie dürfte dies nur für Fabriken zutreffen, die wegen Wassermangels das Kondensatorkühlwasser zurückkühlen müssen. Im andern Falle wird man das Kondensatorkühlwasser zumeist zum Anwärmen des Schwemmwassers verwenden, wofür sonst an andrer Stelle Wärme bzw. Dampf freigemacht werden müßte. Der tatsächlich praktische Gewinn liegt lediglich in der Ersparnis, die sich dadurch ergibt, daß weniger Pumpen anzutreiben sind. Die Abdämpfe der Vakuumpfannen gehen auf jeden Fall in den Kondensator, und ihr Wärmeinhalt muß auf das Verlustkonto gebucht werden, falls für das angewärmte Kondensatorkühlwasser keine Verwendung da sein sollte.

Verluste.

Hier können in der Wärmebilanz praktisch die meisten Ersparnisse gemacht werden. Bei diesem Posten wirkt sich die Durchführung der vorher besprochenen Maßnahmen auch am meisten aus. Der Übergang zur vereinheitlichten Krafterzeugung mit nur einer Maschine bedingt eine weitgehende Verminderung der Länge der Dampfleitungen. Die Wahl höherer Drücke gestattet die Verwendung geringerer Rohrquerschnitte, und beides, ergänzt durch eine wirklich einwandfreie Wärmeisolation der Leitungen und Apparate, kann eine Ersparnis bis zu 2000 kcal und darüber, d. h. rd. 6 vH des gesamten Wärmebedarfes, bringen. Die Verminderung des Verlustpostens in der Wärmebilanz muß also das Hauptbestreben eines jeden Leiters einer Rohzuckerfabrik sein.

Dampferzeugung.

Nachdem man nun festgestellt hat, daß man mindestens etwa 36 000 kcal/100 kg Rüben braucht, und daß der Anfangsdampfdruck etwa 16 bis 18 at bei 300° betragen soll, ergibt sich die Frage, wie die Dampfmenge mit dem entsprechenden Wärmeinhalt zu beschaffen ist. Hier dürfte nun der nächstwichtige Punkt sein, an dem mit Erfolg eingesetzt werden kann. Erstens muß man in größerem Umfang zur mechanischen Rostbeschickung übergehen, und zweitens muß man durch den Einbau von Dampfspeichern die Dampferzeugung selbst wirtschaftlicher gestalten.

Die Ausnutzung der Wärme der Kesselabgase durch Einbau von Vorwärmern wird als selbstverständlich vorausgesetzt. Welche Konstruktionen für die Rostbeschickung zu wählen sind, hängt davon ab, welche Brennstoffe jeweils zur Verfügung stehen. Die Auswahl muß dementsprechend erfolgen. Der Einbau von Dampfspeichern wird in allen Fällen Vorteil bringen. Das Kesselhaus in Rohzuckerfabriken wird für gewöhnlich stoßweise belastet; dem können auch Großwasserraumkessel niemals voll entsprechen. Man erhält deshalb Druck- und Temperaturschwankungen, die nicht nur den Fabrikationsvorgang ungünstig beeinflussen, sondern auch zu unwirtschaftlichem Feuern der Kessel veranlassen; denn der Heizer hat natürlich das Bestreben, durch angestrengten Betrieb den richtigen Betriebzustand wiederherzustellen.

Der Ausgleich der Dampfverbrauchspitzen durch einen Dampfspeicher sichert einen gleichmäßigen Feuerungsbetrieb und damit eine erhebliche Kohlenersparnis. Aus der Erkenntnis, daß hier einem erheblichen Mißstand abgeholfen werden kann, hat man eine Sonderbauart geschaffen, die kurz gestreift werden soll.

Es handelt sich um den nach dem Erfinder genannten Winandkessel. Dieser Kessel stellt die Verbindung eines Steilrohrkessels mit einem Großwasserraumkessel dar, ergänzt durch den unmittelbaren Aufbau eines Speicherkessels. Der Platzbedarf eines solchen Kessels ist gering. Seine Anpaßfähigkeit bei stoßweiser Belastung soll groß sein. Er liefert gleichzeitig aus dem Steilrohrkessel Dampf mit höherem Druck für den Maschinenbetrieb und aus dem Speicherkessel Dampf mit geringem Druck für Koch- und Heizzwecke. Ob nun ein Dampfspeicher als Ergänzung vorhandener Kessel gewählt oder ein vereinigter Kessel, wie vorstehend beschrieben, aufgestellt wird, in jedem Fall wird die Möglichkeit der Speicherung wirtschaftliche Vorteile bringen. Der Dampfverbrauch wird erfahrungsgemäß kleiner, die Anlage sowie die Betriebskosten für das Kesselhaus werden geringer; der Kesselwirkungsgrad wird steigen, der Brennstoffverbrauch abnehmen. Wenn also Verbesserungen vorgenommen werden sollen, müssen das Kesselhaus und sein Betrieb mit in erster Linie berücksichtigt werden.

Krafterzeugung.

Übergehend zur Krafterzeugung haben wir uns zuerst mit der Frage zu beschäftigen, welche Kraftmaschine für die zentralisierte Krafterzeugung zu wählen ist. Noch bis in die letzte Zeit hinein tobte ziemlich unentschieden der Kampf zwischen Turbine und Kolbenmaschine. Übersieht man die Umbauten, die in den letzten beiden Jahren vorgenommen wurden, so erkennt man, daß die Entscheidung wohl zugunsten der Turbine ausgefallen ist. Die einzige Tatsache, die gegen die Turbine angeführt werden könnte, wäre ihr größerer Dampfverbrauch. Auf das Wort Dampfverbrauch ist dabei besonderer Nachdruck zu legen, denn hinsichtlich des Wärmeverbrauchs dürfte die Kolbenmaschine der Turbine den Rang kaum streitig machen können. Dies gilt jetzt um so mehr, als man in letzter Zeit schnellaufende Bauarten (9000 Uml./min) geschaffen hat, deren thermischer Wirkungsgrad außerordentlich günstig ist.

Außer diesem Punkt, dessen praktische Bedeutung bei dem Verhältnis von Kraftdampfbedarf zu Heiz- und Kochdampfbedarf, wie es in Zuckerfabriken vorliegt, gering ist, dürfte alles andre zugunsten der Turbine sprechen. Ihre Vorteile sind: geringere Masse, daher leichtere und billigere Gründungen, kleineres und billigeres Maschinenhaus, geringerer Ölbedarf, ölfreier Abdampf, bessere Regulierfähigkeit, geringere Schwankungen des Dampfverbrauches bei wechselnder Belastung.

Berücksichtigt man die im einzelnen genannten Vorteile, so ist es ohne weiteres klar, daß die Entscheidung in dem Kampf zwischen Turbine und Kolbenmaschine zugunsten der Turbine ausfallen mußte.

Der Übergang zur Zentralisation der Krafterzeugung bringt die Einführung der elektrischen Kraftübertragung ohne weiteres mit sich. Nach Aufstellung eines Hauptmaschinensatzes, bei den vorliegenden Verhältnissen einer Turbodynamo, dürfte es in keinem Fall zu rechtfertigen sein, den Transmissionsantrieb in größerem Umfange beizubehalten. Der Übergang zum Einzelantrieb, beim Umbau älterer Fabriken gegebenenfalls zum Gruppenantrieb, ist das Gegebene.

Hinsichtlich der Wahl von Stromart und Spannung kann bei der Durchführung des elektrischen Antriebes in Zuckerfabriken kein Zweifel bestehen, daß zweckmäßig

nur die Drehstromübertragung in Frage kommt. Wenn man heute noch in einzelnen Fabriken Gleichstromübertragung findet, so ist dies aus der geschichtlichen Entwicklung verständlich. Im übrigen dürfte es schwer fallen, Gründe zu finden, die die Wahl von Gleichstrom rechtfertigen könnten. Der Hauptvorzug des Gleichstrombetriebes, die verlustlose Drehzahlregelung, ist für den elektrischen Betrieb von Rübenzuckerfabriken ohne Bedeutung, da hier Antriebe, die eine Drehzahlregelung in beachtenswerten Grenzen erfordern, nicht vorkommen.

Dagegen bietet die Drehstromübertragung folgende Vorteile:

1. Die Übertragung größerer Leistungen auf weitere Entfernungen ist einfacher und erfordert im allgemeinen einen geringeren Baustoffaufwand.
2. Die Drehstrommotoren sind im Aufbau einfacher als die Gleichstrommotoren und erfordern daher geringere Wartung.
3. Nur für Drehstrom kann man heute einen Aushilfsanschluß an ein öffentliches Elektrizitätswerk erhalten. Auf einen solchen Aushilfsanschluß wird aber kein sorgsamer Leiter einer Zuckerfabrik verzichten wollen und können.

Für die elektrische Kraftübertragung in Rübenzuckerfabriken kommt also praktisch nur Drehstrom in Frage. Die Entwicklung in letzter Zeit hat dies auch bestätigt. Es dürfte keine neuzeitlich eingerichtete Rübenzuckerfabrik mit elektrischem Antrieb geben, die nicht Drehstrom gewählt hätte.

Als Spannungen kommen für die Kraftübertragung in Rübenzuckerfabriken 380 V und 500 V in Frage. Für 500 V spricht die Ersparnis an Leitungsmaterial mit Rücksicht auf die geringeren Stromstärken. Allerdings gelten bei Wahl dieser Spannung für die Ausführung der Anlage die Bestimmungen für Mittelspannungsanlagen, da die Spannung gegen Erde größer ist als 220 V. Ein Nachteil ist weiter, daß man für die Versorgung der Lichtstromkreise einen besonderen Transformator aufstellen muß, denn für Licht wird man in keinem Fall eine andre Spannung wählen als 220 V.

Wählt man 380 V, so stehen 220 V als Sternspannung gegen Erde ohne weiteres zur Verfügung. Außerdem sind Maschinen und Apparate für diese Spannung, die sehr weitgehend verwandt wird, als Normalfabrikate jederzeit und an allen Orten leichter erhältlich. Da die Leistungen der einzelnen Motoren auch bei Wahl des Gruppenantriebes selten erheblich über 100 kW liegen, kommt man mit einer Spannung von 380 V immer aus. Jedenfalls bietet die Bewältigung der bei einer Betriebspannung von 380 V auftretenden Spannungsabfälle keine besondern Schwierigkeiten.

Verteilung der elektrischen Arbeit.

Für die Ausführung der Hauptschaltanlage, von der aus die elektrische Arbeit verteilt wird, gelten bei Anlagen für die Zuckerindustrie keine andern Grundsätze als die auch sonst allgemein gültigen. Zur Erhöhung der Betriebsicherheit sollte an Platz nicht allzusehr gespart werden. Auch soll man die Schaltanlage ausreichend mit Meß- und Aufzeichengeräten ausstatten, um eine in jeder Richtung ausreichende Betriebkontrolle durchführen zu können. In Amerika ist man in dieser Hinsicht so weit gegangen, daß der Fabrikleiter von seinem Arbeitsplatz aus den ganzen Fabrikationsvorgang überwachen kann.

Bei der Auswahl des Leitungsmaterials der Motoren, der Anlaß- und Schaltapparate soll man immer daran denken, daß ein Betriebstillstand unvergleichlich mehr kostet, als jemals bei der Errichtung der ganzen Anlage durch die Wahl billigerer Bauarten und Ausführungen gespart werden kann. Der Fabrikationsvorgang in einer Zuckerfabrik verträgt keinerlei Unterbrechungen. Das beste Material ist also gerade gut genug. Als Leitungsmaterial verwende man Kabel oder Gummiaderleitungen, die in Stahlpanzerrohr verlegt werden.

Für die Motoren empfiehlt sich die Wahl offener Bauarten, deren Wicklungen allerdings einen besondern Feuchtigkeitsschutz erhalten müssen. Für Anlasser soll man Bauarten mit Ölkühlung und bei größeren Motorleistungen Anlasser nach Art der Straßenbahn-Steuerschalter verwenden. Für die Unterverteilung sollte nur gußeisengekapseltes Material gewählt werden.

Für die Beleuchtung kommen nur Glühlampen in Frage. Besondere Beleuchtungskörper sind nicht erforderlich. Mit einer guten Allgemeinbeleuchtung wird man in allen Fällen auskommen. Bei der Wahl der Beleuchtungskörper sollte man wasserdichten Armaturen den Vorzug geben.

Verbrauch der elektrischen Arbeit.

Es ist ein Hauptvorzug der elektrischen Kraftübertragung, daß sie in weitestem Umfange die Einführung des Einzelantriebes der verschiedenen Arbeitsmaschinen gestattet. Bei Neubauten soll man ihn also soweit wie irgend möglich durchführen. Nur beim Umbau alter Fabriken wird man in gewissem Umfange den Gruppenantrieb beibehalten müssen; denn zumeist werden, da ja vorher der Antrieb durch mehrere Dampfmaschinen erfolgte, bestimmte Betriebsgruppen vorhanden sein. Hier würde die Durchführung des Einzelantriebes in vielen Fällen Kosten verursachen, die nicht zu rechtfertigen sind, denn die Betriebsgruppen werden sich mit Rücksicht auf die vorliegenden räumlichen Verhältnisse ohne erhebliche Unkosten nur in den seltensten Fällen so auflösen lassen, daß die Vorzüge des Einzelantriebes erreicht werden können. Es soll an dieser Stelle davon Abstand genommen werden, diese Vorzüge im einzelnen aufzuführen. Sie sind aus Sonderveröffentlichungen zur Genüge bekannt.

In der Zuckerindustrie hat die Einführung des elektrischen Einzelantriebes insofern eine Umwandlung mit sich gebracht, als man nahezu in allen Fällen dazu übergegangen ist, die vorhandenen Kolbenpumpen durch Umlaufpumpen zu ersetzen. Die weitgehende Anpaßfähigkeit des Elektromotors an die von der Arbeitsmaschine geforderte Umlaufzahl hat im besonderen dazu beigetragen, Umlaufpumpen anzuwenden.

Für alle Betriebzwecke in der Zuckerfabrik sind Bauarten von umlaufenden Pumpen entwickelt worden, die nach jeder Richtung als betriebsicher und zweckentsprechend angesprochen werden dürfen. Der etwas geringere Wirkungsgrad der umlaufenden Pumpen gegenüber dem einer entsprechenden Kolbenpumpe spielt bei der Kraftwirtschaft der Zuckerfabrik, die ja mit Abfallenergie arbeitet, keine ausschlaggebende Rolle. Die Erfahrungen und die guten Betriebsergebnisse haben jedenfalls die Richtigkeit des Vorgehens beim Übergang von der Kolbenpumpe zur Kreiselpumpe bestätigt.

Ein besondres Anwendungsgebiet des elektrischen Einzelantriebes in der Zuckerfabrik ist der Antrieb der Zentrifugen. Hier machen sich die Vorzüge des Einzelantriebes in ganz besondrer Weise bemerkbar. Sie wirken sich in allen Fällen durch erhebliche Betriebskostenersparnisse aus. Für den Antrieb der Zentrifugen wählt man am zweckmäßigsten Drehstrom-Kurzschlußankermotoren. Die Erfahrungen der letzten Zeit haben gezeigt, daß der Betrieb der Zentrifugen mit derartigen Motoren wirtschaftlich am günstigsten ist. Selbst beim Gleichstromantrieb mit Bremsung durch Stromrückgewinnung konnten so gute Betriebsergebnisse wie beim Antrieb durch Drehstrom-Kurzschlußankermotoren nicht erzielt werden. Dabei hat der Drehstrom-Kurzschlußankermotor den weiteren ganz besonders wichtigen Vorteil, daß er hinsichtlich der Wartung als die anspruchloseste Maschine zu gelten hat. Es ist lediglich auf die richtige Schmierung der Lager zu achten. Im übrigen sind kaum Teile da, die einem Verschleiß unterliegen. Die Bedenken, die wegen des hohen Anlaufstromes so oft geltend gemacht werden, dürften sich bei scharfer Betrachtung nur selten als hinreichend stichhaltig erweisen, und es kann nur als ein Fortschritt der Entwicklung des elektrischen Antriebes gelten, wenn in immer größerem Umfange zur Verwendung dieser Motorenart übergegangen wird. Die Wahl einer geeigneten Kupplung ist natürlich eine selbstverständliche Voraussetzung.

Hinsichtlich der sonst noch in der Zuckerfabrik vorhandenen Antriebe gelten allgemein bekannte Grundsätze.

[B 806]

CHRONIK 1924.

(Fortsetzung von Seite 25.)

Bergbau.

Aufsuchen von Lagerstätten Das seismische Verfahren von Dr. Mintrop hat sich in Holland zum Verfolgen von Störungen und zur Feststellung der Mächtigkeit des Deckgebirges vorzüglich bewährt. Auch die übrigen Verfahren der Erforschung des Erdinnern (Schweremessungen durch Pendel und Drehwage, magnetische, elektrische, radioaktive Verfahren usw.) werden in steigendem Umfang angewandt.

Gewinnung und Förderung Die Mechanisierung des Betriebes ist weiter fortgeschritten. Die Zahl der Abbauhämmer einerseits und der Schrämmaschinen anderseits nimmt schnell zu. Die Drucklufthacken werden dabei vielfach durch leichte Abbauhämmer ersetzt. Die Stangenschrämmaschinen werden neuerdings auch als Streckenvortriebsmaschinen benutzt, indem man sie entweder selbst oder den Schwenkkopf allein um 180 ° drehbar einrichtet. Es werden vereinzelte Versuche gemacht, an Stelle der Schrämstangen umlaufende Schrämketten anzuwenden, die eine leichtere Beobachtung der Abnutzung der Schrämzähne gestatten. — Leichte Kleinschrämmaschinen (sogenannte Kohlenschneider) mit Schrämtiefen von etwa 1 m Länge bürgern sich ein. Sie werden durch Drehkolbenmotoren angetrieben, im Gegensatz zu den Großschrämmaschinen mit Antrieb durch Kolbenmaschinen. In der Förderung finden elektrische Haspel- und auch elektrische Schüttelrutschenantriebe zunehmende Verwendung.

Bewetterung Nachdem es gelungen ist, die Anzugskraft der Synchronmotoren zu erhöhen, wird zurzeit erstmalig im Ruhrbezirk ein Synchronmotor zum Antrieb eines Grubenventilators aufgestellt. Der Zweck ist, auf diese Weise den Leistungsfaktor des Drehstromnetzes zu erhöhen.

Die Lüfterventilatoren (Schraubenräder) finden in immer wachsender Zahl Eingang für die Sonderbewetterung und verdrängen die früheren Streckenventilatoren (Schleuderräder), treten aber zum Teil auch an Stelle der Strahldüsen. Große Beachtung wird auf tiefen und heißen Gruben der Kühlhaltung der Baue geschenkt. Es ist gelungen, die hier vorliegenden Verhältnisse besser als bisher rechnerisch zu erfassen, die einzelnen, auf die Grubentemperaturen einwirkenden Einflüsse zu zergliedern und zahlenmäßig festzulegen, so daß hierdurch der Bekämpfung der hohen Wärmegrade neue, sicherere Bahnen eröffnet werden. Von neuen Vorschlägen sei hier der erwähnt, den Wetterstrom und die Förderung in gleicher Richtung zum ausziehenden Schachte hin gehen zu lassen, um die einziehenden Wetterwege vom Kohlenstaub freizuhalten und hier Temperaturerhöhungen durch Oxydation des Kohlenstaubes auszuscheiden.

Rettungswesen Es bereitet sich der Übergang von den „Düsensaugern" zu den „Selbstsaugern" oder „Lungenkraftgeräten" vor, der zum Teil im Auslande bereits vollzogen ist. Zu diesem Zwecke sucht man den Widerstand der Luftumlaufwege möglichst herabzudrücken, insbesondere auch durch neue Ausführungsformen der „Patrone". Für Augenblicke erhöhten Luftbedarfs sieht man Sauerstoffzuschuß über einen Druckknopf vor. Während früher der Atmungssack vielfach vor der Brust angeordnet war, sucht man neuerdings die Brust freizuhalten und alle Geräteteile auf dem Rücken des Trägers unterzubringen.

Aufbereitung Die Schwimmaufbereitung hat in der Erzaufbereitung weiteren Boden gewonnen. Die einzelnen Verfahren (mit und ohne Preßluft, mit Verwendung verschiedener Öle, mit und ohne Säure, mit und ohne Rührwerk, mit und ohne Vakuum) wurden den verschiedenen Verwendungszwecken schärfer angepaßt.

Der Kohlenaufbereitung hat man, besonders mit Rücksicht auf die steigenden Anforderungen der Hochöfen an die Kokskohle, immer noch größere Aufmerksamkeit zugewandt. Besondere Bedeutung hat die Feinkohlenaufbereitung gewonnen, bei der es sich nicht nur um die Verminderung des Aschen-, sondern auch um die Verringerung des Wassergehalts handelt. — Auch in der Kohlenaufbereitung haben die Schwimmverfahren rasch weiter Eingang gefunden, nachdem die hier entgegenstehende Schwierigkeit, große Massen bewältigen zu müssen, überwunden worden ist[1]).

Brikettierung In der Steinkohlen- und Erzbrikettierung sind keine wesentlichen Veränderungen zu verzeichnen. In Braunkohlenbrikettfabriken wird der elektrischen Entstaubung besondere Aufmerksamkeit zuteil. Auch die Rückgewinnung des beim Preßvorgang selbst ausfallenden Staubes ist weiter verbessert worden. Die Trocknung der Rohkohle hat gegen früher an Umfang bedeutend zugenommen, da sie jetzt nicht nur für die zur Brikettierung gelangende, sondern auch für die zu Staub zu mahlende Kohle erforderlich ist. Die Druckluftförderung findet in Brikettfabriken zunehmende Anwendung.

Braunkohlenbergbau In Tagebaubetrieben hat die Förderung mit Großraumwagen und elektrischen Lokomotiven weiter zugenommen. Große Bedeutung haben die Kastenkipper mit selbsttätiger Entleerung erlangt, die große Lohnausgaben ersparen. Pflüge zum Einebnen der gekippten Massen, wie sie zuerst bei Kanalbauten erprobt worden waren, sind verschiedentlich eingeführt worden. Dem Spülversatz über und unter Tage wird nach wie vor Beachtung geschenkt.

Kraftwirtschaft Die Kokskohlenzechen verfeuern, soweit nicht Abhitze oder Gasfeuerung in Frage kommt, hauptsächlich Kohlengrus vermischt mit Kohlenschlamm aus den Klärteichen und erhalten mit diesen minderwertigen Brennstoffen Dampfleistungen von 25 bis 30 kg/m². Mehrfach hat man die Kohlenstaubfeuerung für die Heizung von Dampfkesselanlagen eingeführt. Die anfänglichen Schwierigkeiten (Schlackenbildung und Schlackenentfernung, Erhaltung des Mauerwerks, Regelung der Flammenführung) werden anscheinend langsam überwunden.

Druckluftverwendung Die Verwendung von Druckluft im Betriebe der Steinkohlengruben nimmt zu und beträgt jetzt 150 bis 250 m³ auf 1 t Kohle. Man ist andauernd bestrebt, die Leitungsluftverluste durch sorgfältige Rohrverbindungen, Schweißung an geeigneten Stellen und Verringerung des Netzdruckes außerhalb der Förderschicht herabzusetzen. Besonders angestellte Druckluftingenieure oder -steiger überwachen dauernd das Leitungsnetz.

Gesetzliche Bestimmungen Die Unfallverhütung durch Aufklärung in Wort und Bild, wie sie sich namentlich im amerikanischen Bergbau mit seiner hohen Unfallziffer herausgebildet hat, ist von den deutschen Bergbehörden aufmerksam verfolgt und in einzelnen Bezirken bereits angewandt worden. Um dem Mißbrauch in der Verwendung von Sprengstoffen, wie er in der Nachkriegzeit eingerissen war, kräftig zu steuern, sind im Anschluß an die Neuregelung des Sprengstoffwesens scharfe Bestimmungen insbesondere über die Erteilung von Sprengstofferlaubnisscheinen erlassen worden.

[N 972] Heise, Herbst.

Brennstoffe.

Kokereiwesen Die Entwicklung geht auf bessere Koksbeschaffenheit hinaus, daneben auf größere Durchsatzleistung je Ofeneinheit. Die Schwimmaufbereitung der Kohle[2]) wurde als Ergänzung zu bestehenden Kokskohlenwäschen auf mehreren Anlagen erfolgreich eingebaut. Nicht nur bei Neu-, sondern auch bei Umbauten von Koksöfen macht sich das Bestreben geltend, die Kammerbreite der Öfen zu verringern, um die Leistung zu erhöhen und eine größere Gleichmäßigkeit des Koksgefüges über die ganze Stücklänge zu erzielen[3]). Von 500 mm Kammerbreite ging man bis auf 350 mm zurück und vermochte niederschlesische Kohlen, ohne die Beschickung vorher stampfen zu müssen, einwandfrei zu verkoken. In Oberschlesien, wo die Kohle ohne weiteres nicht verkokbar ist, hat man einen neuen Weg gefunden, indem man einen Teil der Kohle verschwelt, die Halbkoks vermahlt, sie der Kohle zusetzt und diese Mischung in schmalkammerigen Öfen verkokt.

Tieftemperaturverkokung Außer vielen auf dem Papier stehenden Vorschlägen sind Fortschritte nicht zu verzeichnen, und die Entwicklung krankt an der Absatzmöglichkeit der anfallenden Halbkoks zu einem die durchgesetzte Kohle deckenden Preis, ohne den eine Wirtschaftlichkeit nicht zu erzielen ist. Der Brennstaubverbraucher verlangt naturgemäß einen Brennstoff, dessen Preis erheblich unter dem der Förderkohle liegt, und bei einer Brikettierung von Halbkoks ist die Wirtschaftlichkeit ebenfalls in Frage gestellt. Der Betrieb des kurz vor dem Ruhreinbruch angeheizten Doppelrohr-Drehofens auf der Zeche Mathias Stinnes I/II ruhte unter den Verhältnissen den größten Teil des Jahres. Mit großer Spannung sieht man den Ergebnissen der auf Zeche Prosper bei Bottrop/Westf. im Bau befindlichen Tieftemperatur-Verkokungsanlage von Dobbelstein entgegen, dem es gelungen ist, Verkokung in der Ruhe mit ununterbrochener Betriebsweise zu vereinigen sowie stückige harte Koks von gleichmäßig ausgebildetem Gefüge gleichzeitig mit hoher Durchsatzleistung, auf die Einheit bezogen, zu erzielen.

Teererzeugnisse und Benzol Im Teerdestillationsbetrieb sind bemerkenswerte Neuerungen nicht zu verzeichnen, doch ist ein Interesse erkennbar für die in England erfolgreich eingeführte und sich schnell verbreitende ununterbrochene Destillation, bei der ein flüssiges Metallbad als Wärmeträger dient.

[1]) S. Z. Bd. 68 (1924) S. 478.

[2]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 478. [3]) „Glückauf" Bd. 60 (1924) S. 978.

Im Benzolfabrikbetrieb hat sich die bereits im vorigen Jahr an dieser Stelle erwähnte Vakuumdestillation von Raschig verhältnismäßig schnell ausgebreitet. Dagegen hat die Benzolgewinnung mit aktiver Kohle enttäuscht, da der Reinheitsgrad der Industriegase nicht genügt, um die Kohle vor einem schnellen Nachlassen der Aktivität zu schützen[1]). Das ist sogar bei fertig gereinigtem Leuchtgas unangenehm in die Erscheinung getreten. Die auf Kesselsäureöl gesetzten Hoffnungen haben wegen seiner Wasseraufnahmefähigkeit noch mehr enttäuscht. Bei der Ölwaschung des Gases zur Benzolgewinnung ist man erfolgreich auf das Braunkohlenparaffinöl[2]) (Montan-Waschöl) übergegangen, das sich gegenüber Teeröl nicht verdickt und nicht erneuert zu werden braucht.

Braunkohlen Bei der Verschwelung der Braunkohle sucht man sich jetzt von dem fast 65 Jahre ausschließlich angewandten Rolle-Ofen[3]), dessen Nachteil in einem auf die Einheit bezogenen, sehr geringen Durchsatz (4 t Kohle = 1 t Koks) begründet ist, loszumachen, wovon eine Reihe von Versuchsanlagen zeugen, während man die Anwendungsmöglichkeit des Drehofens für diese Zwecke ganz aufgegeben hat. Zwei Versuchsanlagen mit außenbeheizten Öfen, bei denen jedoch entgegengesetzt zum Rolle-Ofen die Befeuerung in der Mitte des Ofens liegt, sind in Mitteldeutschland in Betrieb, ohne daß bisher verläßliche, zahlenmäßig belegte Ergebnisse bekannt geworden wären. Große Aufmerksamkeit wendet man den drei im Versuchszustand stehenden Verfahren mit Innenbeheizung zu, bei dem inerte Gase als Wärmeträger dienen, und zwar dem von Limberg[4]), Lurgi[5]) und Seidenschnur[6]). Da pyrogene Zersetzungen nicht auftreten, wird eine so hohe Teerausbeute erzielt, daß sich der Begriff Schwelkohle erheblich erweitern läßt, was für den ständig fortschreitenden Abbau bitumenreicher Braunkohle von hoher Bedeutung ist.

Das abgelaufene Jahr ist insofern durch einen großen Fortschritt gekennzeichnet, als auf fast sämtlichen Schwelereien nach Art der Benzolgewinnung die im Jahre 1922 noch unbekannte Leichtölgewinnung eingerichtet wurde, wodurch dem deutschen Brennstoffmarkt nennenswerte Mengen flüssigen Betriebstoffs zugeführt werden. Bis Mitte 1925 wird es keine Braunkohlenschwelerei ohne Leichtölgewinnungsanlage mehr geben, sofern in Einzelfällen eine zu kurze Lebensdauer infolge Erschöpfung der Schwelkohle nicht gegen ihren Einbau spricht. Die Leichtölausbeute auf den Braunkohlenschwelereien beträgt rd. 15 vH, bezogen auf die anfallende Teermenge.

Vergasung Da die Braunkohle gegenüber der Steinkohle ein viel weniger einheitlicher Stoff ist, bedarf die auf der dritten Technischen Tagung des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins zu Halle von Generaldirektor Müller[7]), Dresden, vorgebrachte Behauptung, daß es gelungen sei, „grubenfeuchte, mulmige Braunkohle im Großbetrieb restlos und tadellos zu vergasen" noch weiterer Bestätigung unter Mitteilung näherer Angaben. Nach umfangreichen Versuchen mit den verschiedensten Gaserzeugerbauarten zur Vergasung ihrer dem Geiseltal entstammenden Knorpelkohle hat das Leunawerk den Schrägrostgaserzeuger der Chemischen Fabrik Kalk als Rohbraunkohlenvergaser in großem Umfang und mit gutem Erfolg eingeführt[8]).

[N 916] de Grahl.

Eisenhüttenwesen.

Wärmewirtschaft In der Eisenhüttentechnik läßt sich unzweideutig erkennen, daß die Wärmewirtschaft, die in den verflossenen Jahren mit soviel Umsicht planmäßig in die Hüttenbetriebe eingeführt wurde, zu einem gewissen Abschluß gekommen ist, insofern, als über die Menge und Verwendungsmöglichkeit der erzeugten und zur Verfügung stehenden Energien Klarheit besteht. Die strenge Abgrenzung der einzelnen Betriebzweige ist aufgehoben, und gewissermaßen werden die Fragen der Energieerzeugung und -verteilung nach höheren Gesichtspunkten für alle zusammenhängenden Betriebe gemeinschaftlich bewirtschaftet. Die schwierige Frage des Energiemengenausgleiches ist in der Hauptsache durch Energiespeicherung gelöst worden. Man baut z. B. heute nicht nur für hochwertige Gase, sondern sogar für Hochofengas Gasbehälter von bisher ungeahnter Größe und Abmessung.

Der Kokereibetrieb stellt das wertvollste Gas zur Verfügung; er wird in den Gesamtenergiewirtschaftsplan immer mehr hereingezogen, und dadurch wird die Kokerei, wo es bisher noch nicht der Fall war, allmählich ein unentbehrlicher Bestandteil des Hüttenwerkes, in nur noch losem Zusammenhang mit dem Grubenbetriebe.

Der Hochofenbetrieb steht unter dem Zeichen der Umkonstruktion, und es hat den Anschein, daß allmählich in Deutschland der zur Senkkübelbegichtung gehörige Schrägaufzug ersetzt wird durch eine die Reihe der nebeneinanderstehenden Hochöfen überfahrende Krananlage, in der Weise, daß der Kübelfahrkran das Fördergefäß von der Hüttensohle übernimmt und auf der Gicht absetzt; an die Leistungsfähigkeit und Betriebsicherheit werden natürlich dauernd steigende Anforderungen gestellt, da die Erzeugungsziffern unsrer neuzeitlichen Hochöfen immer noch zunehmen.

Im Hochofenbetrieb ist im Zusammenhang mit der restlosen Ausnutzung der Hochofengase die Reinigung der Gase mit Hilfe der elektrischen Gasreinigung in den letzten Jahren so eingehend untersucht und erprobt worden, daß sich die Entwicklungsfähigkeit dieses Verfahrens allmählich übersehen läßt. Wenn anfänglich unüberwindlich erscheinende Schwierigkeiten heute schon behoben sind, so läßt das erwarten, daß künftig eine für die Anforderungen des Hochofenbetriebes brauchbare Gasreinigungsanlage entstehen kann.

Im Stahlwerkbetriebe hatte die Schwierigkeit, ein für das Thomasverfahren geeignetes Roheisen zu erzeugen, das Martinverfahren in den Vordergrund gestellt. Da aber für die Wirtschaftlichkeit des Martinverfahrens die Schrotpreise von ausschlaggebendem Einfluß sind, mußte darauf Bedacht genommen werden, das Thomasverfahren beizubehalten oder seine Durchführungsmöglichkeit zu erweitern. Dafür scheint eine Aussicht insofern zu bestehen, als Versuche auf mehreren Werken dahin zielen, den Stahl mit durch Sauerstoff angereicherter Luft zu verblasen. Die Versuche zeitigten das Ergebnis, daß sowohl die Chargendauer durch diese Maßnahme abgekürzt wird, als auch die Verarbeitung eines Roheisens mit geringerem Phosphorgehalt, als dem bisher üblichen, möglich ist. Die Versuche, metallurgische Verbrennungsvorgänge mit durch Sauerstoff angereicherter Luft durchzuführen, beschränken sich nicht auf das Thomasverfahren, sondern werden auch zunächst versuchsweise auf den Hochofen und den Martinofen angewandt. Ein abschließendes Urteil über die Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahme liegt indessen noch nicht vor. Eine Anzahl von Martinstahlwerken, denen aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen die Beschaffung von Roheisen erschwert wird, haben mit zunehmendem Erfolg reine Schrotschmelzen unter Zusatz von Kohlenstoff in Stahl umgewandelt.

Walzwerkbetrieb Der Schwerpunkt im Walzwerkbetrieb liegt in der Durchkonstruktion der Walzwerkeinrichtung, insbesondere in der Herstellung von Walzenlagern mit geringer Reibung und neuen Konstruktionen von Walzenkupplungen. Bemerkenswert sind einige Neukonstruktionen für die Herstellung von Rohren im Walzverfahren.

[N 1006] Diepschlag.

Metalle und Legierungen.

Nach einer Zeit schwerster Sorgen scheint die deutsche Metallindustrie in den allerletzten Monaten wieder Mut zu finden zu weiter ausschauenden Zukunftsplänen und Entwicklungen. Der Aufbau der Metallwirtschaft auf dem wenigen einheimischen Material, das uns geblieben ist, schreitet langsam fort, daneben laufen die Bestrebungen von Gütesteigerungen, die zwar nur durch ausländische Rohstoffe zu erreichen sind, aber planmäßig, bei möglichst geringem Verbrauch zu einer Höchstleistung an Güte führen sollen.

Es wird immer drei große Gruppen von Legierungen geben, erstens die hochschmelzenden Schwerlegierungen, zu denen auch die Stahle und Messinge als Untergruppen gehören, zweitens die niedrigschmelzenden Schwerlegierungen, deren Hauptbestandteile Blei, Zink oder Zinn, und soweit die Kosten nicht hindernd im Wege stehen, auch Kadmium und Wismut sein können, drittens die Leichtlegierungen mit Aluminium oder Magnesium als Hauptbestandteil.

Schwerlegierungen Was nun die erste Gruppe anbetrifft, und zwar diejenigen Untergruppen, die auf Eisen oder Nickel als Hauptbestandteil aufgebaut sind, so macht sich das allgemeine Bestreben geltend, durch Zusatz von Chrom, Molybdän und Wolfram oder auch Kobalt die mechanische und chemische Widerstandsfähigkeit wesentlich zu erhöhen. Dabei erweist sich Chrom als typischer Schützer gegen oxydierende Flüssigkeiten, Molybdän als solcher gegen Angriff von Salzsäure und halogenen Salzen, Wolfram entsprechend seinem hohen Schmelzpunkt als Härter. Der praktischen Verwendung dieser Legierungen steht für viele Zwecke ihre schwere Bearbeitbarkeit entgegen; dem hilft ein neues, allgemein anwendbares Verfahren ab, dem Eisen oder Nickel erst die Form des gewünschten Gebrauchsstückes zu geben und es erst nachträglich, sei es nur oberflächlich, sei es durch seine ganze Masse hindurch, zu legieren. Dies geschieht durch Aufbringen und Eindiffundierenlassen der Legierungszusätze bei hohen Temperaturen nach einem neuen Patentverfahren. Neuere Legierungen dieser Art sind der Caedit der Glockenstahlwerke A.-G., Remscheid-Hasten, der Celsit von

[1]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 67 (1924) S. 6.
[2]) ebenda S. 163.
[3]) Thau, „Braunkohlen-Schwelöfen", Verl. Knapp, Halle 1924.
[4]) Praxis des wirtschaftlichen Verschwelens und Vergasens, angewandt auf mulmige Rohbraunkohle von Th. Limberg. Verl. Knapp, Halle 1924.
[5]) „Braunkohle" Bd. 23 (1924) Heft 28/29.
[6]) „Braunkohle" Bd. 23 (1924) S. 352. [7]) Ebenda S. 381.
[8]) Vergl. a. Z. Bd. 69 Nr. 1 S. 1.

Gebr. Böhler & Co. in Düsseldorf und der Akrit der Dortmunder Union, Dortmund.

Was die leichtschmelzenden Schwerlegierungen anbetrifft, so ist dem vor zwei Jahren erstatteten Bericht nur hinzuzufügen, daß die Lagermetalle mit dem Hauptbestandteil Blei in einem leider viel zu langsamen, aber glücklicherweise doch unaufhaltsamen Vordringen unter Verdrängung der für die deutsche Volkswirtschaft so kostspieligen zinnreichen Lagermetalle begriffen sind.

Leichtlegierungen Auf dem Gebiet der verformbaren und veredelbaren Aluminiumlegierungen vollzieht sich insofern gegenwärtig eine Wandlung, als dem Duralumin, dessen seinerzeit ungeheurer Fortschritt fast 20 Jahre lang weder auf andern Wegen erreicht und das noch viel weniger überboten werden konnte, sondern nur im. feindlichen Ausland unter rücksichtsloser Patentverletzung nachgemacht worden ist, neuerdings wirkliche Wettbewerber erwachsen. Im Interesse der deutschen Metalltechnik ist das zweifellos zu begrüßen. Das Skleron der Metallurgischen Gesellschaft in Frankfurt ist allerdings in seinen Eigenschaften offenbar noch nicht völlig in der Hand der Erfinder. Das Lautal steht im allgemeinen in den Festigkeitswerten dem Duralumin etwas nach, scheint es aber in einigen andern wesentlichen Erscheinungen zu übertreffen. Jedenfalls ergibt sich, daß wir für Konstruktionszwecke nicht mehr allein auf das Duralumin angewiesen sind.

Das bedeutet viel für den weiteren Siegeszug des Aluminiums, auf den unsere deutsche Volkswirtschaft so sehr angewiesen ist. Neuerdings ist der hohe Preis des Aluminiums eine starke Hemmung. Die ganze Fachwelt hofft auf eine wesentliche Besserung, sobald erst das große mit Wasserkraft arbeitende Innwerk mit gewaltiger Erzeugung den auf Braunkohle gestellten Werken Lautawerk und Erftwerk an die Seite getreten ist.

Der Fertigguß kleiner verwickelter Werkstücke, die in solcher Vollendung aus der Form kommen, daß sie nur sehr geringer Nachbearbeitung bedürfen, ist wegen der bedeutenden Ersparnis an Mechaniker-Kleinarbeit von größter wirtschaftlicher Bedeutung. Es ist freudig zu begrüßen, daß jetzt endlich, leider viel zu spät, auch in Deutschland der Fertigguß von Aluminium- und Aluminiumlegierungen mit vollem Erfolge durchgeführt wird.

[N 973] Guertler.

Gießereiwesen.

Fortschritte Die in der vorigen Jahresübersicht gekennzeichneten Fortschritte im Gießereiwesen haben sich im Berichtjahre in steigendem Maße weiter entwickelt. Wenn sie sich trotz aller Bemühungen noch nicht in weiterem Umfang ausgewirkt haben, so geschah das deshalb nicht, weil leider der Beschäftigungsgrad der meisten Gießereien infolge der Umstellung der Industrie aus der Inflation auf die feste Währung und die ganz außergewöhnliche Kapitalknappheit und die Kreditschwierigkeiten die Einführung neuer Arbeitsverfahren und -einrichtungen von selbst verbot.

Die Frage der Kalkulation ist durch diese Umstände ganz besonders in den Vordergrund gerückt und ausgiebig in der Literatur und in den Versammlungen der Fachvereine behandelt worden. Die wissenschaftliche Durchdringung des Gießereiwesens geht langsam aber sicher vor sich, und es hat sich gezeigt, daß die durch die Gießereiausstellung 1923 den Fachkreisen gegebenen Anregungen auf fruchtbaren Boden gefallen sind. Bedauerlicherweise geht aus allen Berichten der zahlreichen von Studienreisen aus Amerika zurückgekehrten Fachgenossen hervor, daß die deutschen Gießereien noch recht erheblich hinter denen der Vereinigten Staaten zurück sind, und es bedarf der Zusammenfassung aller Kräfte, wenn es in absehbarer Zeit gelingen soll, den Vorsprung einzuholen.

Wärmewirtschaft Der Zwang, trotz der nunmehr behobenen Brennstoffnot zwecks möglichst weitgehenden Zurückdrückens der Selbstkosten mit sparsamster Ausnutzung der Brennstoffe zu arbeiten, hat erfreuliche Erfolge gezeitigt. Erwähnt seien das Preisausschreiben des Vereins Deutscher Eisengießereien über „Die Abmessungen der Kuppelofen, ihr Verhältnis zur Größe der Koks- und Eisensätze und ihr Einfluß auf Schmelzung und Koksverbrauch", worüber mehrere vorzügliche Arbeiten veröffentlicht wurden, und das über Trockenkammern, dessen Erledigung noch aussteht. Auch die vom genannten Verein neu eingerichtete Gießereiberatungsstelle Düsseldorf hat sowohl in Fragen der Wärmewirtschaft als auch der wirtschaftlichen Betriebsführung überhaupt gute Dienste geleistet.

Schmelzanlagen Eingehende Untersuchungen des Kuppelofens haben manche wertvolle Aufklärungen über die nicht ganz einfachen Vorgänge beim Schmelzen gebracht. Immer noch steht das Interesse für den Schürmann-Ofen mit im Vordergrunde. Er ist inzwischen weiter verbessert und verbreitet worden, ohne daß allerdings bisher der Streit der Meinungen für und wider ihn endgültig abgeschlossen ist. Gute Erfahrungen wurden mit der Zustellung der Kuppelöfen durch Aufstampfen gemacht und vielfache Versuche erwiesen die Wichtigkeit des bisher wenig beachteten Einflusses von Winddruck und Windmenge auf die Schmelzvorgänge im Kuppelofen. Auch die Einführung des elektrischen Ofens in die Gießereien macht Fortschritte; man darf dabei auf die Ergebnisse eines Preisausschreibens über diesen Gegenstand, das gleichfalls vom Verein Deutscher Eisengießereien veranstaltet wurde, gespannt sein. Beachtliche Erfolge wurden mit dem Schmelzen des Eisens im tiegellosen Ölofen erzielt.

Formstoffe Die Formsandfrage spielt nach wie vor eine bedeutende Rolle bei den wissenschaftlichen Arbeiten der Fachvereine. Mehrfache Berichte des Formsandausschusses lassen die großen Schwierigkeiten erkennen, die noch zu überwinden sind, zumal es bisher noch nicht gelungen ist, eine eindeutige Erklärung darüber zu geben, was nun eigentlich chemisch-mineralogisch unter Formsand zu verstehen ist. Würde diese gefunden, so ist die Frage der Synthese eines künstlichen Formsandes, die von nicht zu unterschätzender Bedeutung für die Gießereien ist, die weitab von guten Formsandlagerstätten liegen, gelöst.

Formenherstellung Aufmerksamkeit verdient die Aufnahme des sogenannten Grünkernverfahrens, das aus dem Bestreben hervorgegangen ist, besonders bei dünnwandigen Hohlkörpern in einer Gußform zwei verschiedene Formstoffe zu vermeiden, indem man Außenform und Innenform (Kern) gleichzeitig im grünen Sande bildet. Verbreitet wird auch das Verfahren, verwickelte Formen größerer Abmessungen ganz aus Kernen zusammenzusetzen. Von neueren Formmaschinen ist besonders die Sandschleudermaschine zu erwähnen, die in amerikanischen Gießereien[1]) seit mehreren Jahren bereits verbreitet, nunmehr auch in Deutschland gebaut wird. Die ersten Sandschleuderer sind bereits in zwei norddeutschen Gießereien in Betrieb genommen worden.

Erfolgreiche Versuche sind in der Röhrengießerei mit dem Schleudergießverfahren gemacht worden; auch von Dauerformen neuerer Bauart wird berichtet. Beim Sandstrahlgebläse ist man, dem amerikanischen Beispiel folgend, in einigen Betrieben zu höheren Drücken (4 bis 6 at) übergegangen. Die Erfolge sollen gut sein.

Gußeisenforschung Eingehende Untersuchungen haben den Einfluß des Graphits auf die Eigenschaften des Gußeisens weiter geklärt. Die Frage der Abnutzung des Gußeisens wurde behandelt. Ein theoretisches Gußeisendiagramm, das brauchbare praktische Anwendung ergeben hat, wurde aufgestellt. Besonders über Gießereimetallographie wurden wertvolle Arbeiten veröffentlicht. Eröffnet wurde das neue metallographische Institut in Clausthal. Der Perlitguß ist weiter der Gegenstand vielfacher Abhandlungen und Vorträge gewesen. Zu erwähnen wäre, daß sich über das betreffende Patent ein lebhafter Streit in den Fachkreisen erhoben hat. Viel Beachtung finden die Versuche und Ausführungen des elektrischen Schweißens von Gußstücken.

Normung Die Normung der Formkasten und Eisenpfannen ist in Angriff genommen, beides ebenso wichtige wie schwierige Gebiete. Mehrere Normenblätter wurden entworfen, so das für die Bezeichnungen der verschiedenen Eisenarten.

[N 964] Lohse.

Fabrikbetrieb und Fabrikorganisation.

Das Berichtjahr stand völlig unter den Nachwirkungen, die die Ende 1923 einsetzende Beschäftigung mit amerikanischen Verfahren hervorgerufen hatte. In weiten Fachkreisen seit langem als bedeutungsvoll erkannt, hatte diese Bewegung durch die deutsche Übersetzung des Fordschen Buches „Mein Leben und mein Werk" einen mächtigen Anstoß erhalten, und eine große Zahl deutscher Fachleute haben das vergangene Jahr zu eingehenden wochen- und monatelangen Studien in den Vereinigten Staaten von Amerika benutzt. Zurzeit ist man überall damit beschäftigt, die Erfahrungen aus dem, was man dort gehört und gesehen hat, zu sichten und das, was auf die so ganz anders gearteten deutschen Verhältnisse übertragbar ist, hier in die Praxis umzusetzen.

Organisation Auf rein organisatorischem Gebiet hat sich diese Tatsache hauptsächlich in der eingehenden Beschäftigung mit der Bandarbeit ausgewirkt, wobei nicht überall die Gefahren vermieden sind, die sich stets mit einem solchen Schlagwort verbinden. Es handelt sich dabei nicht nur um die wirkliche Arbeit am ununterbrochen oder taktmäßig-ruckweise fortbewegten Montageband, die vor allem in den Fordschen Werkstätten bis in alle Einzelheiten durchgedacht und durchgeführt ist, sondern auch um die durch einen steten Fluß des Rohstoffes durch das Werk ermöglichte Verkleinerung der Rohstoff-, Teil- und Halbfabrikatlager, das Verschwinden der übergroßen Stapel von Teilen, die in der Fertigung begriffen sind, an den Maschinen und die dadurch erzielbare größere Übersichtlichkeit des Betriebes und Verringerung des eigentlichen Betriebkapitals; so kann man erklären, daß diese ganze Bewegung

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 913.

nicht nur die eigentlich mit Bandarbeit zu bezeichnende Art der Fertigung betrifft, sondern sich überhaupt auf eine bessere Zwangläufigkeit im Betrieb, das folgerichtige Entstehen einer Arbeit aus der andern und damit auf die zeitliche Beschränkung einer Bewegung durch die nachfolgende erstreckt. Hier sind die bedeutungsvollen Arbeiten von Sachsenberg zu erwähnen, die auch der mit gutem Erfolg verlaufenen „Betriebstechnischen Woche" an der Technischen Hochschule in Dresden im Anfang des Jahres ihr Zeichen aufprägten. Eingehendere Veröffentlichungen hierüber wurden von dem Genannten und seinen Schülern, sowohl in der Zeitschrift „Maschinenbau"[1]) als auch in Band 1 der „Ausgewählten Arbeiten des Lehrstuhles für Betriebstechnik in Dresden"[2]) niedergelegt.

Ohne weiteres liegt die enge Verbindung dieser Arbeiten mit allen Fragen der Beförderung im Werkstättenbetrieb vor Augen. So ist es denn auch kein Zufall, daß diesen Transportmöglichkeiten mehr Aufmerksamkeit als bisher gewidmet wird. Die Pflege dieser Gedanken, die Sammlung der Erfahrungen auf diesem Gebiet und ihre Fruchtbarmachung für die Allgemeinheit hat sich der beim Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung gebildete Unterausschuß für wirtschaftliches Förderwesen im Werkstättenbetrieb zur Aufgabe gemacht, der unter Leitung von Aumund seine Arbeiten vor einigen Monaten wieder aufgenommen und große Anteilnahme bei allen beteiligten Kreisen gefunden hat.

Mit einer gewissen Übertreibung ist die ganze geschilderte Bewegung als eine völlige Wandlung in den bisherigen Gedanken über Innenorganisation in Fabriken betrachtet und unter die Losung: „Fort von der Papierwirtschaft!" gestellt worden. Demgegenüber muß darauf hingewiesen werden, daß diese Forderung immer von allen ernst zu nehmenden Fachkreisen aufgestellt ist, soweit damit eine möglichste Beschränkung schriftlicher Aufzeichnungen über Vorgänge im Fabrikleben gemeint wird und damit eine Verminderung doppelter Aufzeichnungen derselben Art an verschiedenen Stellen.

Betrieb Obgleich als letztes Ziel dieser Arbeiten stets die Überwindung des Stücklohnes durch reinen Zeitlohn hingestellt wird, indem bei der durch Bandarbeit eingeführten zwangläufigen Regelung der durch den Stücklohn hervorgerufene Ansporn für den Arbeiter unnötig werden soll, ist doch in richtiger Erkenntnis der heute noch und sicher noch auf lange Zeit überwiegend in Deutschland vorliegenden Verhältnisse die Beschäftigung mit Fragen der Stücklohnbildung und -verbuchung sehr rege gewesen. Hier muß auf die weiter fortgeführten Arbeiten des Kuratoriums für Arbeitzeitermittlung hingewiesen werden, auf dessen Anregung von den verschiedensten Stellen Kurse zur Ausbildung von Stücklohnkalkulatoren eingerichtet sind; abschließende Erfahrungen über deren Erfolge liegen allerdings noch nicht vor. Eine wesentliche Unterstützung dieser ganzen Bestrebungen bildet Band 2 der Schriften der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure „Lehrbuch der Vorkalkulation von Bearbeitungszeiten" von Kurt Hegener[2]), doch sollten in diesem Zusammenhang auch die wertvollen Arbeiten von Fehse über „Die Grenzen der Wirtschaftlichkeit bei der Vorkalkulation im Maschinenbau"[3]) nicht unbeachtet bleiben. In immer weiterem Umfange hat als Folge der Verhältnisse in der Inflationszeit sodann die Umstellung der Stücklohnausgabe in den Werkstätten von Geld auf Zeit Fortschritte gemacht, die insbesondere durch die Vorträge und Veröffentlichungen von Haier[3]) in mustergültiger Form empfohlen worden ist.

Die von Friedrich auf der Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Hannover vorgetragenen und mehrfach auch durch Veröffentlichungen propagierten Gedanken über Menschenwirtschaft und Menschenschulung[4]), die in wesentlichen Punkten von dem bisher seitens der Psychotechnik empfohlenen Verfahren abweichen, haben dort um so mehr berechtigtes Aufsehen erregt, als sie bereits an einigen Stellen in der Praxis zu beachtenswerten Erfolgen geführt haben sollen. Ohne im übrigen in diesen Fragen irgendwelche Partei ergreifen zu wollen, läßt sich jedenfalls behaupten, daß auch durch diese Erörterungen die Wichtigkeit der Einstellung von Mensch zu Mensch im Fabrikbetrieb besonders betont ist, über deren ganz außerordentliche Bedeutung im übrigen alle Berichterstatter über amerikanische Verhältnisse völlig einig sind.

Die ferner in der erwähnten Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure angeregte Frage der Behandlung und Prüfung von Hilfsstoffen, die im Fabrikbetriebe gebraucht werden[5]), befindet sich, wie bei der Schwierigkeit des Gegenstandes zu erwarten, noch im Anfangzustand. Ihre enge Berührung mit den Fragen der Normung von Werkstoffen und Werkstoffprüfverfahren liegt auf der Hand, und diese haben gerade im vergangenen Jahr im Normenausschuß der Deutschen Industrie einen großen Schritt vorwärts getan.

[1]) Bd 3 (1924) S. 433.
[2]) Berlin 1924, Julius Springer.
[3]) Z. Bd. 68 (1924) S. 17 u. f.
[4]) Z. Bd 68 (1924) S. 4 (5.
[5]) Z. Bd. 68 (1924) S. 562.

Abrechnungswesen Auf dem Gebiete des Abrechnungswesens wurde die Weiterarbeit wesentlich dadurch gehindert, daß alle beteiligten Kräfte fast mehr als sie bewältigen konnten mit der Umstellung auf Gold, der Durchführung der Goldbilanzen beschäftigt waren. Anderseits hat die endlich am Ende des Jahres 1923 erfolgte und während des ganzen Berichtjahres angehaltene Festigkeit der Währung ermöglicht, wieder zu den alten bewährten Verfahren der Abrechnung auf dem ganzen Gebiete zurückzukehren und dabei doch die vielen unfruchtbaren Arbeiten aufzugeben, die durch die schwankende Währung notwendig herbeigeführt worden waren, ohne daß es dabei möglich gewesen wäre, als schließliches Ergebnis eine wirkliche Klärung der Verhältnisse herbeizuführen.

Auf dem Gebiete der Selbstkostenberechnung ist die im Grundplan des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung nur gestreifte Frage der Verbindung zwischen Nachrechnung und Vorrechnung einerseits sowie Buchhaltung anderseits, durch eine Schrift von Peiser, „Selbstkosten und Erfolg in Buchhaltung, Nachrechnung und Vorrechnung"[6]), wesentlich geklärt worden. Dem gleichen Verfasser verdanken wir auch eine Studie über die „Industrielle Kostenentwicklung unter dem Einfluß des Beschäftigungsgrades"[2]), ein Thema, das gerade in der Gegenwart von besonderer Bedeutung ist und auch sonst in zahlreichen Aufsätzen und Schriften behandelt wird. Irgendwelche abschließende Folgerungen konnten bislang nicht gezogen werden. Alles, was in dieser wichtigen Frage veröffentlicht ist, kann nur als ein Anfang angesehen werden. [N 985]

Friedrich Meyenberg.

Faserstoffindustrie.

Den Beweis dafür, daß auch auf diesem Gebiet rastlos weitergearbeitet wurde, hat die im Rahmen der Jahresschau deutscher Arbeit Dresden veranstaltete Textilausstellung[7]) erbracht. Diese Ausstellung hat insbesondere gezeigt, wie tatkräftig unsre deutschen Firmen bestrebt sind, den Textilmaschinenbau zu fördern. Leider waren nur verhältnismäßig wenige, hauptsächlich sächsische Maschinenfabriken vertreten. Es wäre zu wünschen, daß bei späterer Gelegenheit in einer allgemeinen deutschen Textilfachausstellung das Versäumte nachgeholt wird.

Die Ausstellung Dresden bot, da die ausgestellten Maschinen in Betrieb vorgeführt wurden, die beste Gelegenheit, die großen Vorteile des elektrischen Einzelantriebes vor Augen zu führen. Man erhielt den Eindruck, daß die elektrische Industrie sich den Bedürfnissen der Textilindustrie sehr gut angepaßt hat. Es dürfte wohl kaum mehr eine Textilmaschine geben, die nicht vorteilhaft und zweckmäßig mit Einzelantrieb versehen werden kann.

Faserstoffe Die Frage der Ersatzstoffe, die während und nach dem Krieg eine große Rolle spielte, hat die in Fachkreisen vorausgesehene Lösung gefunden. Die Mehrzahl dieser Stoffe ist ausgeschieden. Gut entwickelt hat sich lediglich die Herstellung und Verarbeitung der Kunstseide und die Verwollung (Kotonisierung) der Flachs- und Hanfabfälle[8]).

Spinnerei Hier sind zu erwähnen: die Anwendung des Kastenspeisers mit seiner gut auflösenden Wirkung in Reihen, ferner die verstärkte Ausnutzung der Rostfläche bei Öffner und Schlagmaschine durch Vergrößerung der Rostfläche und Umführung der Stoffleitung. Die Wernersche Vorkarde (DRP 381 994) soll sich für gewisse Zwecke gut bewährt haben.

Auf dem Gebiet der Durchzugstreckwerke sind für die Praxis wertvolle Ergebnisse festzustellen[9]), die zeigen, daß auch mit ganz einfachen Mitteln (vergl. z. B. DRP 372 823) sehr gute Erfolge erzielt werden können. Die dem erwähnten Patent eigentümliche geriffelte obere Druckwalze des Mittelzylinders, die zwangläufig vom Zylinder angetrieben wird, hebt den schädlichen Drehimpuls gänzlich auf und ist gegen Flugbildung unempfindlich. Bemerkenswert ist ferner der Antrieb der Flyerspindeln durch Schraubenräder (DRP 386 786).

Weberei Mit den Spulen- und Schützenautomaten treten neuerdings Schnelläufer-Webstühle (bis zu 270 Uml./min), teilweise mit großen Schützen und Spulen arbeitend, in den Wettbewerb. Wenn auch der Ausbildung der einzelnen Teile dieser Stühle große Aufmerksamkeit geschenkt wird, so ist doch zu sagen, daß sich Neuerungen und Verbesserungen von Maschinenelementen im Webmaschinenbau verhältnismäßig schwer einführen, weil der Weber im allgemeinen zu wenig Techniker ist. Erwähnt sei hier nur die heute noch allgemein übliche primitive Lagerung der Wellen am mechanischen Webstuhl und die Ölzufuhr durch offene Schmierlöcher.

[6]) Berlin 1924, AWF.
[7]) V. d. I.-Nachrichten Bd. 4 (1924) Nr. 37.
[8]) V. d. I.-Nachrichten Bd 4 (1924) Nr. 29 und „Technik in der Landwirtschaft" Bd. 5 (1924) Heft 4.
[9]) Leipziger Monatsschrift für Textilindustrie 1924 Heft 7.

Bei der Schützen- und Schaftbewegung war der Versuch, die vielen Lederteile soweit wie möglich durch feste Konstruktionsteile zu ersetzen, mehrfach erfolgreich. Beachtenswert ist im Bau von Schaftmaschinen die Verwendung von Exzentern für die Messerbewegung (DRP 401 248).

Strickerei und Wirkerei Diese Industrie hat unter dem Einfluß der Mode und des Sports im abgelaufenen Jahr einen sehr bedeutenden Aufschwung genommen. Besonders hervorzuheben ist die weitgehende Verarbeitung von Kunstseide teils rein, teils in Verbindung mit andern Garnen. Als Neuheit im Rundstuhlbau wäre der Maschenradstuhl zu erwähnen, der eine wesentliche Vereinfachung der Maschenbildungsorgane (genaue Einstellung, leichte Auswechselbarkeit bei Störungen) bietet. Der Nähmaschinenbau wurde von weiteren deutschen Firmen erfolgreich aufgenommen.

Färberei Die für Stoffe aus Pflanzenfasern, also Baumwolle, Leinen, Kunstseide verwendbaren licht-, wasch- und tragechten Indanthrenfarben haben sich besonders im abgelaufenen Jahr in zunehmendem Maß eingeführt. [N 933]

E. Mauz.

Kältetechnik.

Kälteerzeugung Der Kältekompressor hat sich in der Richtung des einfachwirkenden stehenden Schnellläufers entwickelt. In erhöhtem Maße wird zweistufige Verdichtung mit Zwischenkühlung angewandt, wobei vorzugsweise liegende Einkurbel-Verbundverdichter mit Stufenkolben gebaut werden. Die Wärmeaustauschapparate sind weiter vervollkommnet worden, wobei besonders auch auf die regelmäßige Entfernung nicht kondensierbarer Fremdgase geachtet wird. Die starke Nachfrage des In- und Auslandes nach Kleinkältemaschinen führte zu einer Vermehrung der auf den Markt gebrachten Arten. Neben den Kompressoren mit hin- und hergehendem Kolben scheint dabei auch der Drehkolbenkompressor die auf ihn gesetzten Hoffnungen zu erfüllen. Die untere Leistungsgrenze der Kompressionsmaschine liegt bei etwa 500 kcal/h. Für kleinste Kälteleistungen (von 1000 bis 10 000 kcal täglich) beginnt sich die periodisch arbeitende Ammoniak-Absorptionsmaschine gut einzuführen. Ihr Anwendungsgebiet umfaßt die Haushaltungskühlschränke, kleine Konditoreianlagen und Schlächterläden. Ihrer geringeren Wirtschaftlichkeit im Betrieb im Vergleiche mit der Kompressionsmaschine stehen als Vorteile niedrige Anschaffungskosten, geringste Abnutzung und einfachste Bedienung gegenüber. Bei diesen Maschinen wird der völlig selbsttätige Gang angestrebt.

Die physikalischen Untersuchungen der Eigenschaften der in der Kältetechnik verwendeten Stoffe (Kaltdämpfe, Salzlösungen) wurden weiter fortgesetzt und haben einen hohen Genauigkeitsgrad erreicht.

Kälteverwendung Das Schnellgefrierverfahren durch unmittelbare Berührung der Waren mit einer kalten Kochsalzlösung hat sich bei Fischen allgemein eingeführt. In Deutschland werden zurzeit zwei größere Fischgefrieranlagen nach der Bauart Ottesen ausgeführt. Von verschiedenen Seiten sind etwas abgeänderte Gefrierverfahren vorgeschlagen, die jedoch nichts grundsätzlich Neues enthalten. Dagegen liegen beachtenswerte konstruktive Vorschläge für die praktische Durchführung des Ottesen-Verfahrens vor. Für Fleisch hat sich das Schnellgefrierverfahren noch nicht durchsetzen können, da noch kein Mittel gefunden ist, um die bräunliche Verfärbung der Oberfläche mit Sicherheit zu vermeiden. Die bisher in dieser Richtung gemachten Vorschläge konnten die Verfärbung zwar abschwächen, aber nicht völlig verhindern.

Ein neues sehr großes Anwendungsgebiet für die künstliche Kälte in der chemischen Industrie hat sich bei der Glaubersalzherstellung ergeben. Die hier geforderten Kälteleistungen von mehreren Millionen kcal in der Stunde ermöglichen die Anwendung von Ammoniak-Turbokompressoren. [N 936] R. Plank.

(Fortsetzung folgt.)

30 Jahre Weltschiffbau.

Die nach Lloyds Register gezeichneten Schaulinien, Abb. 1, stellen den Raumgehalt der in den letzten Jahren in der Welt jährlich vom Stapel gelaufenen Handelsschiffe dar. Die Ordinaten geben den Raumgehalt eines jeden Jahres in Millionen Brutto-Registertonnen an. Man erkennt darin deutlich, wie die Schiffbautätigkeit vor dem Kriege regelmäßigen Schwankungen unterworfen war, und wie alle 5 bis 6 Jahre ein Höhepunkt und dazwischen ein Tiefstand im Handelsschiffbau eingetreten ist. Man konnte mit einiger Bestimmtheit die schlechten und die guten Zeiten für die Werften voraussagen, und Industrie und Handel erreichte auch in den Jahren 1919 und 1920, wo alle Länder ihre Kräfte aufs äußerste anspannten, um dem großen Mangel an Handelsschiffen abzuhelfen, gerade die Ausbeute des Jahres 1913, des letzten Jahres vor dem Kriege. In Amerika, das früher seine Schiffe hauptsächlich für die Fahrten auf den großen Seen gebaut und an dem Schiffbau für den Welthandel nur geringen Anteil genommen hatte, blühte die Schiffbauindustrie wie eine Treibhauspflanze plötzlich zu ungeahnter Höhe empor und ging nach dem Kriege sofort unter den alten Stand zurück. Wie die Erfahrung jetzt lehrt, sind mehrere Millionen Tonnen seiner Kriegsbauten, nicht nur die hölzernen Schiffe, vollkommen unbrauchbar für die Seeschiffahrt und müssen vernichtet werden.

Abb. 1. 30 Jahre Weltschiffbau.

konnten sich in vieler Hinsicht danach richten. Auch für Bank- und Börsenleute bedeuteten die Kurven einen guten Fingerzeig. Die Jahre 1896, 1901, 1906 und 1913 bildeten die Höhepunkte. Außer der Schaulinie für den gesamten Weltschiffbau sind noch die Kurven für England und Amerika eingezeichnet.

Der Ausbruch des Krieges unterbrach die gleichmäßig ansteigende Entwicklung plötzlich und ließ in allen Ländern zuerst den Handelsschiffbau hinter den Anforderungen der Kriegsmarinen zurücktreten. In England nahm er bedeutend ab und

Der Verlauf der Kurven zeigt am Schluß (1922 bis 1923) den großen Niedergang, der in diesen Jahren und auch heute noch überall im Schiffbau herrscht und der eine natürliche Folge des Überflusses an Schiffsraum ist. Die Entwicklung lenkt jedoch wieder in ruhigere Bahnen. Die Lage hat sich zu bessern angefangen, so daß der tiefste Punkt der Kurve als überwunden gelten kann. Nach dem früheren Verlauf zu urteilen, wäre auf einen weiteren Höhepunkt der Schiffbautätigkeit in den Jahren 1926 bis 1927 zu rechnen. [M 981] Sk.

RUNDSCHAU.

Eisenbahnwesen.

Elektrische 1C1-Personenzuglokomotive.

Von der Eisenbahntechnischen Ausstellung in Seddin.

Abb. 1 bis 3 zeigen eine leichte elektrische Personenzuglokomotive, deren elektrischer Teil von Brown, Boveri & Cie. und deren Wagenteil von Maffei, München, gebaut ist. Zum Antrieb dienen zwei hochgelagerte Motoren mit einem gemeinsamen Zahnradvorgelege, das seine Bewegung über eine Blindwelle hinweg mittels Trieb- und Kuppelstangen auf die Achsen überträgt. Besonders bemerkenswert ist das Zahnradvorgelege, das Federung und Dämpfung hat. Diese Einrichtung hat den Zweck, schädliche Schwingungserscheinungen, die so oft die Ursachen schwerer Störungen sind, zu vermeiden[1]). Abb. 4 und 5 zeigen ein so gefedertes Ritzel mit Lamellendämpfung, Bauart Brown, Boveri & Cie. Die Lokomotive wird gesteuert durch einen von Hand angetriebenen Schlittenschalter mit Funkenzieher. Die Dauerleistung des Transformators beträgt 875 kVA. Er hat 13 Spannungstufen für den Motorstrom. Um eine große Leistung bei geringem Gewicht zu erzielen, hat man in ausgedehntestem Maße von Kühlmitteln Gebrauch gemacht. Der Transformator hat einen künstlichen Ölumlauf. Das Öl wird durch einen besonderen Kühler gedrückt, der seinerseits künstlich gelüftet wird. Die Motoren werden unmittelbar mit Luft gekühlt, und zwar dient ein gemeinsamer Motorlüfter dazu, die Luft, die aus dem Lokomotivinnern entnommen wird, in axialer Richtung so durch die Motoren zu blasen, daß sie auf der Kollektorseite der Motoren austritt und dann durch Abluftstutzen nach unten durch den Fußboden ausgestoßen wird.

Die Höchstgeschwindigkeit beträgt 75 km/h bei 880 kW höchster Stundenleistung. Im folgenden seien noch einige Hauptgrößen der Lokomotive angeführt:

Triebraddurchmesser	1400 mm,
Dienstgewicht	65 t,
Höchster Raddruck	9,2 t,
Übersetzungsverhältnis des Vorgeleges	1 : 3,27.

[M 810] Dr. G.

[1]) Vgl. Forschungsarbeiten aus dem Gebiete des Ingenieurwesens VDI-Verlag, Heft 266 (1924).

Arbeitsmaschinen.

Eine neue Dickstoffpumpe.

Eine beachtenswerte Neuerscheinung auf dem Gebiete des Pumpenbaues bildet die Universalpumpe „Kobra", Abb. 6 u. 7. Es handelt sich um eine Dickstoff- bzw. Schmutzwasser-Förderpumpe besondrer Art. Mit der Pumpe lassen sich anstandslos stark verunreinigte und vor allem dickflüssige Stoffe heben. Da die Pumpe mit Ventilen versehen ist, ist sie unempfindlich gegen grobe Verunreinigungen, auch durch langfaserige Stoffe, Lumpen u. dergl. Die Pumpe wird in der Regel in fahrbarer Anordnung geliefert. Infolgedessen ist sie leicht beweglich und vielseitig verwendbar.

Der Pumpenkörper der liegenden Kolbenpumpe ist als Träger des zweirädrigen Fahrgestells ausgebildet worden. Hierdurch

Abb. 4 und 5. Gefedertes und gedämpftes Ritzel.

Abb. 1 bis 3. Elektrische 1C1-Personenzuglokomotive von Brown, Boveri & Cie. und Maffei.

werden alle überflüssigen Trägerkonstruktionen und Plattformen vermieden und das Gewicht wird soweit herabgesetzt, daß die Pumpe gut von einem Mann fortbewegt werden kann. Der Pumpenkörper trägt auf seinem Rücken den Motor, der unter Zwischenschaltung eines Riemen- und Zahnradvorgeleges die Pumpe antreibt, Abb. 7.

Bei der Kolbenabdichtung ist eine Stopfbuchse vermieden worden, da bei dem großen in Betracht kommenden Durchmesser ein Schiefziehen der Brille und dadurch ein „Bremsen" des Motors eintreten könnte. Der Kolben ist vielmehr mit Ledermanschetten in geeigneter Ausführung versehen, die eine lange Lebensdauer haben und ein dauerndes Dichthalten verbürgen. Diese Einrichtung setzt die Kobrapumpe in den Stand, auch höhere Drücke zu erzeugen. Die bei Schlammpumpen sonst üblichen Gummikugeln sind vermieden, da sie häufig unbrauchbar werden und hohe Ersatzkosten verursachen. Die „Kobra"-Pumpe wird mit eisernen Kugeln ausgerüstet, die auf Sitzen aus besonderem Werkstoff von großer Haltbarkeit arbeiten.

Der Innenraum der Pumpe ist nach Lösen einer Flügelmutter bequem zugänglich, Saug- und Druckkugel können sofort nachgesehen und etwa zwischengeklemmte größere Stücke beseitigt werden. Der Pumpenraum enthält keine eingebauten Teile oder Vorsprünge, an denen sich Stroh, Papier usw. festsetzen kann. Die Stahlwellen laufen in Rotgußlagern, die mit Fett geschmiert werden, die Zahnräder arbeiten mit gefrästen Zähnen.

Der elektrische Antrieb kann für Drehstrom oder Gleichstrom eingerichtet werden. Der Drehstrommotor ist gekapselt und mit einem abnehmbaren Schutzblech versehen, der Gleichstrommotor wird mit einer allseitig geschlossenen Schutzhaube aus Blech verkleidet, die auch den Anlaßwiderstand aufnimmt. Der gußeiserne, wasserdicht gekapselte Schaltkasten enthält die den Vorschriften der Überlandzentralen entsprechenden Sicherungen und einen für rauhe Beanspruchung besonders kräftig ausgeführten Walzenschalter, der sich in landwirtschaftlichen Betrieben vielfach bewährt hat. Bei Gleichstrommotoren wird mittels des Schalters ein Anlaßwiderstand vorgeschaltet, der in der Betriebstellung des Schalthebels kurz geschlossen ist. Der Schaltkasten ist an seiner unteren Seite mit einem Kabelendverschluß versehen, worin das den örtlichen Vorschriften entsprechende Kabel eingebunden wird. Die Verbindungsleitungen zwischen dem Schaltkasten und dem Motor bzw. Widerstand sind aus Panzerkabel hergestellt.

Die Hauptkonstruktionszahlen der Pumpe betragen:
Fördermenge rd. 12 000 l/h,
Umlaufzahl des Motors 1450 Uml./min,
Umlaufzahl der Pumpe 67 Uml./min,
Motorleistung 0,75 PS,
Saugleitung 76,2 mm Dmr.,
Druckleitung 63,5 mm Dmr.

Als Zubehörteile für die Kobrapumpe werden normalerweise ein 3 m langer Saugschlauch aus bestem Gummispiralschlauch von 76,2 mm l. W. und ein 2½ m langer Druckschlauch aus bestem Doppelhanfschlauch von 76,2 mm l. W., ferner die erforderlichen Schlauchkupplungen, das Einhängerohr, das Strahlrohr und ein Saugkorb geliefert. Unter Umständen kommen für besondre Verwendungszwecke besondre Zubehörteile in Betracht.

Besonders eignet sich die Pumpe zur Förderung von Jauche und Fäkalien. In zunehmendem Maße findet die Pumpe Eingang bei der Industrie und bei Behörden. In der Stadt Oranienburg wurde die Kobrapumpe unlängst benutzt, um eine Verstopfung des Hauptrohres der Kanalisation zu beheben. Es bestand Gefahr, daß durch die Verstopfung die Keller in der Stadt überschwemmt wurden. Eine elektrische Kreiselpumpe hatte vollkommen versagt, erst die Kobrapumpe brachte noch im letzten Augenblick den gewünschten Erfolg. Die Pumpe förderte Zitronen, Eierschalen, Papier, Lappen und was sonst noch einer städtischen Kanalisationsanlage übergeben wird, anstandslos zutage.

Auf der Grube Leopold A.-G., Cöthen, Abteilung Grube Leopold-Holzweißig in Bitterfeld, hat die Pumpe in einem Fall an fünf hintereinander liegenden Tagen jeden Tag 11 h ununterbrochen gearbeitet und ein mit Braunkohlenschlamm gefülltes Becken geleert. Die Pumpe wurde darauf auseinandergenommen und in allen ihren Teilen geprüft, wobei sich keinerlei Abnutzungen zeigten.

Bei dem Städtischen Gas-, Wasser- und Elektrizitäts-Werk in Verden (Aller) befindet sich eine Kobrapumpe, die unter Herabsetzung der Umlaufzahl hauptsächlich Gaswerkteer aus Sammelgruben in Kesselwagen fördert. Die Pumpe wird ferner dazu benutzt, um mitgerissenen Teer aus der Ammoniakgrube bzw. das Gaswasser von der Teergrube zu entfernen.

Abb. 6. Universalpumpe „Kobra".

In andren Betrieben dient die Pumpe wieder dazu, um Fässer mit Öl bzw. Wein zu füllen, um Lehm, Ton, Porzellan, Klärschlamm, Spülvorsatz, Treber, Maische, Bier, Loh- und Gerbbrühen, Farben usw. zu fördern.

Die Pumpe wird auch für Feuerlöschzwecke, ferner zum Entleeren von Fäkaliengruben benutzt, sodann vor allem als Baupumpe beim Bau von Gruben und sonstigen Erdarbeiten, ferner zur Entleerung von Torfgruben, gleichgültig, ob das betreffende Wasser mit Pflanzenresten und Wurzeln versetzt ist, usw. Die Pumpe wird von der Firma A. Borsig, Berlin-Tegel, gebaut. [M 669]

Abb. 7. Schnitt durch die Universalpumpe „Kobra".

Glastechnik.

Die Tagung der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft in Dresden.

Am 28. November 1924 fand in Dresden in der Aula der Technischen Hochschule die zweite Tagung der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft statt. Zu dieser Versammlung, die unter dem Vorsitz von Direktor Dr. von Vopelius stattfand, hatten sich zahlreiche Industrielle und Wissenschaftler eingefunden, die an den verschiedenen Fragen der reichhaltigen Tagesordnung, wie sich aus den lebhaften Erörterungen im Anschluß an die Vorträge ergab, eine lebhafte Anteilnahme bekundeten.

Die Verhandlungen zeigten, daß man sich in der deutschen Glasindustrie darüber klar geworden ist, daß man nach dem Kriege durch Zusammenfassung von wissenschaftlicher und praktischer Arbeit ein Zurückbleiben der deutschen Glasindustrie hinter dem

mächtig aufstrebenden Wettbewerb der Vereinigten Staaten und Englands verhindern müsse. Immer wieder betonten die einzelnen Vortragenden auf der Dresdener Tagung, welche bedeutsamen Fortschritte in technischer, aber auch in wissenschaftlicher Hinsicht in den beiden genannten Ländern in den letzten Jahren gemacht worden seien, und auch der Rektor der Technischen Hochschule in Dresden, Prof. Dr.-Ing. Nägel, wies in seiner Begrüßungsansprache nicht mit Unrecht darauf hin, daß die Glasindustrie jetzt vor einer ähnlichen Entwicklung stehe wie die Eisenindustrie vor Jahrzehnten. Die früher fast allgemein übliche empirische Art der Fabrikation reiche heute nicht mehr aus, und man müsse unbedingt von der handwerklichen Herstellung zu einer wirtschaftlichen Fabrikation übergehen. Auf Grund seiner eigenen Erfahrungen in den Vereinigten Staaten, wo man besonders auf dem Gebiete der Massenerzeugung auf maschineller Grundlage in den letzten Jahren die größten Erfolge erreicht habe, empfahl der Redner, man solle vor allem die Beziehungen der Maschinenindustrie und der Glastechnik zueinander in Deutschland enger gestalten.

Der erste Vortrag von Dr.-Ing. W. Friedmann, Frankfurt a. M., behandelte die Frage der

geblasenen Generatoren.

Auf Grund der jahrelangen Erfahrung, welche die wärmetechnische Beratungsstelle der deutschen Glasindustrie bei ihren Untersuchungen an Gaserzeugern der verschiedensten Bauart angestellt hat, gelangte der Vortragende zu dem Ergebnis, daß die älteren in der Glasindustrie noch sehr verbreiteten Siemens-Gaserzeuger unwirtschaftlich arbeiteten, weil in ihnen nur 40 vH des Heizwertes ausgenutzt werden. Geblasene Gaserzeuger gestatteten dagegen die Ausnutzung von 80 vH. Auch der Heizwert läßt sich bei geblasenen Gaserzeugern um einige Hundert kcal erhöhen. Was die Gefahr der Staubexplosionen bei geblasenen Gaserzeugern anbetrifft, so läßt sich diese durch passenden Querschnitt und Führung der Rohrleitung im Winkel leicht beseitigen.

Zu den geblasenen Gaserzeugern gehören Festrostgaserzeuger wie der Morgangaserzeuger, Dachrostgaserzeuger von Fr. Siemens und Drehrosterzeuger. Der Morgansche Gaserzeuger eignet sich nur für Steinkohlen und Briketts, nicht dagegen für Braunkohlen. Ein Fehler an ihm ist der Mangel einer gleichmäßigen Windzuführung. Man hat diesem Mangel durch die Einrichtung der Randwindzuführung abhelfen wollen, was jedoch auch nicht in allen Fällen zum Ziele geführt hat. Der Siemenssche Dachrostgaserzeuger ermöglicht die Errichtung zusammengesetzter Gruppen, die nur wenig Platz beanspruchen. Auch der Drehrostgaserzeuger, der sich durch selbsttätige Aschenentleerung und gute Schürwirkung für stark schlackende Brennstoffe empfiehlt, ist für die Heizung der Betriebe mit Braunkohlen nicht geeignet.

In technischer Beziehung ist der Drehrostgaserzeuger dem Festrostgaserzeuger überlegen; vor allem ist es hier möglich, die Rückstände fast brennstoffrei zu erhalten. Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus ist eine Überlegenheit bei Steinkohle vorhanden, bei Braunkohle dagegen sehr zweifelhaft. Im ganzen sind jedenfalls die Anlagekosten der Drehrostgaserzeuger erheblich größer. Vor allem bedarf es aber in der Glasindustrie noch einer besseren Betriebsführung der Gaserzeuger, die in dieser Industrie im ganzen nur mäßig beansprucht werden. Einen vollen Erfolg der Anlagen wird man aber stets nur dann erreichen können, wenn man sich mit den notwendigen Untersuchungen des Winddrucks, des Heizwertes und der Zusammensetzung der Gase ständig befaßt und nicht einfach den Gaserzeugerbetrieb als das Stiefkind der Glasindustrie behandelt.

Hierauf berichtete K. Hesse, Penzig (O.-L.), über

die mikroskopische Struktur der Oberfläche mattierter Gläser.

Die Mattierung hat meist den Zweck, das durchfallende Licht zu zerstreuen. Zu diesem Zweck wird die Glasoberfläche entweder auf mechanischem Wege (durch Schleifen mit Sand oder Schmirgel) oder auf chemischem Wege oder auch durch Vereinigung beider Verfahren aufgerauht. Betrachtet man die Oberfläche, die dem bloßen Auge vollständig glatt erscheint, unter dem Mikroskop, so erscheinen ziemlich große Unregelmäßigkeiten in der Struktur.

Ein gleichmäßiges Mattkorn unter den gleichen Bedingungen vermögen nur die chemischen Mattätzverfahren zu liefern, wozu man freie oder in Freiheit gesetzte Flußsäure bei Gegenwart von Salzen wie Ammoniumfluorid, Kaliumfluorid oder Chlorzink verwendet. Wahrscheinlich beruht der Vorgang der Mattierung darauf, daß sich auf dem Glase Kriställchen von Fluoriden bilden und durch ihre Anwesenheit das Glas vor weiterem Angriff schützen. Die Größe des Mattkorns ist abhängig von dem Gehalt an Salzen des Mattbades und bei gleicher Mattbadzusammensetzung von dem Gehalt des Glases an Basen, die unlösliche Fluoride bilden. Ein großes Mattkorn zeigt z. B. ein Glas mit wenig Kalk, ein kleineres Mattkorn Fensterglas und ein noch kleineres ein tonerdereiches Glas wie die Hafenglasur und Bleiglas. Verbindet man das mechanische und chemische Mattierungsverfahren, so entsteht ein Mattkorn, das zwar auch die Unregelmäßigkeiten der durch Sand geblasenen Oberfläche aufweist, das jedoch durch Abrundung der scharfen Ecken und Kanten etwas weichere Formen angenommen hat.

Ingenieur H. Knoblauch, Freiberg i. S., sprach über den Bau und das Wesen eines neuen

Vielflammhafenofens.

Die neue Ofenbauart unterscheidet sich durch sehr viele Wärmespeicher und zahlreiche enge Ofenkammern von anderen Bauarten. Der Ofen soll auch in bezug auf die Schmelzleistung den Brennstoffverbrauch und seine Haltbarkeit große Vorteile aufweisen. Im Anschluß an den Vortrag betonte ein schwedischer Ingenieur, Hermannsen, daß sich in Schweden die Rekuperatoröfen in der Glasindustrie viel besser bewährt hätten als die Gaserzeugeröfen. Auf Vorschlag von Prof. Keppler, Hannover, wird sich der Fachausschuß für Wärmewirtschaft mit dieser Streitfrage eingehend befassen.

Es folgt der Vortrag von Dr. Wendler, Berlin, über

vollautomatisches Glasblasen.

Die erste selbstspeisende Glasblasemaschine wurde 1872 von Atterberg in Pittsburg konstruiert. Ihr folgten die Maschinen von Arbogast 1881, Windmill 1886 und Ashley 1886 bis 1889. Im Jahre 1904 wurde die erste amerikanische Maschine in Penzig eingeführt. Diese Maschine erwies sich jedoch für deutsche Verhältnisse als nicht geeignet. Die selbstspeisende Glasblasemaschine von Owens ist im Laufe der letzten Jahre immer leistungsfähiger ausgestaltet worden, so daß man nicht nur Flaschen von ½ bis 5 l Inhalt mit ihr im Großen herstellen kann, sondern auch kleine Flaschen mit einem Gewicht von nur 10 g, wie sie Wendler vorweisen konnte. Das wichtige Patent von Owens ist inzwischen erloschen, und in England (Hall) und Deutschland (Hillmann in Groß-Räschen) sind wesentliche Verbesserungen an der Maschine angebracht worden. 1906 wurde ferner von Severin in Deutschland eine selbstspeisende Glasblasemaschine konstruiert.

Einen wesentlichen Fortschritt brachte dann der Versuch von Richardson, die Owens-Maschine für die Glühlampenindustrie zur Herstellung der Hohlkörper zu verwenden, eine Aufgabe, die von August Cado gelöst wurde. Es war hierzu eine außerordentlich verwickelte Maschine, die unter dem Namen der Westlake-Maschine bekannt geworden ist, erforderlich. Während man 1912 mit dieser Maschine in 24 h 15000 Kolben herstellen konnte, soll 1924 bereits die Gewinnung von 40 bis 60000 Kolben in der gleichen Zeit erfolgen. Das ergibt eine Jahresherstellung von 100 Millionen Kolben. Ein wesentlicher Fortschritt ist auch in Amerika dadurch erreicht worden, daß es gelang, nicht nur Bleigläser, sondern auch Kalk- und Magnesiagläser zu verwenden, was zu einer Vereinfachung der Maschine geführt hat. Die Westlake-Maschine liefert aber auch Weißhohlglas und ist demnach für die Herstellung von Bechern und Lampenzylindern verwendbar.

Ein Mitbewerber dieser Maschine ist die Empire-Maschine, die in Portland (U. S. A.) von der Empire Machine Co. und seit 1920 in den Curning-Glas Works über 40000 Kolben in 24 h herstellen soll. Endlich sprach der Vortragende noch über die von der Hartford-Fairmont Co. nach einem britischen Patent beschriebene Lynchmaschine, deren ebenfalls sehr verwickelte Einrichtungen an der Hand von sehr klaren Lichtbildern auseinandergesetzt wurden. Auch Dr. Wendler wies besonders darauf hin, daß fast alle selbsttätigen Maschinen mit Ausnahme der von Severin und Tillmann Erzeugnisse des Auslandes seien, deren Einführung in Deutschland nur besonders leistungsfähigen Fabriken möglich sei, und die auch den kapitalkräftigen Werken erhebliche Aufwendungen durch hohe Lizenzabgaben bereiteten.

Über die

Messung hoher Gastemperaturen

zwecks richtiger Bemessung der Ofenelemente berichtete Ingenieur Fox Maule, Ingolstadt. Er wies darauf hin, daß man durch die Angaben des Pyrometers an der Rauchgasseite und an der Luftseite eines Luftheizers einen viel zu günstigen Eindruck von dem Wärmeübertragungsvermögen des Lufterhitzers erhalte. Durch Messungen an Rekuperatoren und Regeneratoren ist gefunden worden, daß infolge Strahlung zwischen Kanalwänden und Pyrometerkörpern eine Temperatur gemessen wird, die von der wahren Gastemperatur erheblich abweichen kann. Eine annähernde Bestimmung der wahren Gastemperatur ist nur in dem Falle möglich, wenn innerhalb des Gases keinerlei Verbrennung mehr erfolgt. Bei Lufterhitzern ist jedoch meistens die Verbrennung schon vor dem Eintritt beendet, so daß die Wirkung der Schlußverbrennung durch Korrekturen ausgeglichen werden kann. Für das weitere Studium des Wärmeübertragungsvermögens einer brennenden Flamme liegt aber noch ein großes Arbeitsgebiet vor.

Das Gebiet des Gesundheitswesens behandelte ein Vortrag von Geheimrat Dr. Cramer, Kottbus, über den Glasmacherstar und seine Verhütung.

Über Beobachtungen über die

Elastizität und Festigkeit von Glas

berichtete Oberingenieur O. Graf, Stuttgart, im Anschluß an jahrelange Untersuchungen mit Glassorten an der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule in Stuttgart. Es

wurden vor allem Glassorten, die für das Bauwesen in Betracht kamen, ferner Rohglas, Spiegelglas, Drahtglas, Kristallglas für Prismen untersucht, und Festigkeitszahlen, aus denen man die Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Glassorten ersehen kann, bei gleichmäßiger und wechselnder Belastung erhalten. Das Glas würde als Baustoff zweifellos viel mehr benutzt werden, wenn die Biegefestigkeit des Glases und die Widerstandsfähigkeit gegen häufigen Belastungswechsel bekannter wären. Es ist Aufgabe der Glasindustrie, den Forderungen der Verbraucher auf Lieferung von Gläsern genau bestimmter Biegungsfestigkeit und Elastizität nach Möglichkeit nachzukommen.

Hierauf sprach Prof. Dr. W. Eitel, Königsberg, über

den physikalisch-chemischen Zustand der Gläser.

Nach den bisherigen Untersuchungen entsprechen die Gläser in verschiedenen Beziehungen den wahren Flüssigkeiten und Gasen, sie sind ebenso wie die Gase und Flüssigkeiten als isotrope Substanzen aufzufassen. Damit befinden sie sich in grundsätzlichem Gegensatz zu den anisotropen kristallisierten Stoffen. Während es nun aber gelingt, die isotropen glasartigen flüssigen und dampfförmigen Zustände kontinuierlich ineinander überzuführen, verläuft der Übergang kristallisierter Zustände ineinander oder auch in isotrope stets diskontinuierlich. Besonders wichtig für die Glasforschung sind die gleichfalls stets diskontinuierlichen Übergänge anisotrop $\rightleftarrows$ isotrop im Schmelzpunkt. Charakteristisch für die Gläser ist ferner die Unterkühlungsfähigkeit. Gläser sind bei Temperaturen unterhalb des Schmelzpunktes instabil, und sie gehen unter gegebenen Umständen freiwillig in die stabileren Kristallarten über, was man als Entglasung bezeichnet. Über den molekularen Zustand der Gläser weiß man noch verhältnismäßig wenig, was wohl mit der verwickelten Zusammensetzung der meisten Gläser zusammenhängen dürfte. Immerhin haben neuere Untersuchungen von Lorenz und Kurt Arndt ergeben, daß in den Glasschmelzen Komplexionen vorhanden sind, und ebenso ergibt sich auch aus den Viskositätsmessungen entsprechend dem Gesetz von Eötvös, daß in den Glasschmelzen komplexe Gemenge von Elektrolytionen, Komplexionen, undissoziierten Molekülen und auch assoziierten Molekülen vorhanden sind. Ferner deuten verschiedene Beobachtungen darauf hin, daß auch Fragen der Kolloidchemie in das Gebiet der Gläser hineinspielen. Es ergibt sich daraus, daß der physikalisch-chemische Zustand der Gläser zurzeit der wissenschaftlichen Forschung noch vielerlei ungelöste Rätsel darbietet.

Zum Schluß der Tagung sprach noch Prof. Dr. Gehlhoff, Weißwasser, über das von dem Amerikaner Danner ausgebildete

maschinelle Röhrenziehen.

Die von Danner ausgebildete Röhrenziehmaschine gestattet durch kontinuierlichen Glaszufluß auf der einen Seite und durch gleichmäßiges Ziehen und Schneiden auf der andern Seite den grundsätzlich gleichen Vorgang des Röhrenziehens mit der Hand zu einem ununterbrochenen zu machen. Aus einem Trog läuft ein vollständig gleichmäßiger Glasstrahl auf eine Pfeife aus Chamotte oder hochwertigem Chromnickelstahl, die eine geeignete Schrägstellung hat und ständig gedreht wird. Man erhält so einen gleichmäßigen Glasüberzug auf der Pfeife. Das von der Pfeife abgezogene Glas wird dann durch eine Maschine dauernd zwischen endlosen Bändern gezogen, und man erreicht so einen gleichmäßigen Abzug des Glases von der Pfeife und ein gleichmäßiges Rohrziehen, wobei gleichzeitig Luft durch das Rohr geblasen wird. Die Ziehmaschine schneidet gleichzeitig das Rohr in gleichmäßige Längen ab, worauf eine Sortierung entweder von Hand oder gleichfalls auf maschinellem Weg erfolgt. Die Ziehbahn, auf der das Glasrohr über Rollen geführt wird, muß so lang sein, daß es an der Schneidemaschine genügend kalt ankommt. Während der Dauer der Berührung läuft das Schneiderad in gleicher Geschwindigkeit mit dem Glasrohr mit.

Eine etwas abweichende Konstruktion einer Röhrenziehmaschine rührt von der holländischen Glühlampenfabrik Philips her. Hier läuft das Glas auf die Innenseite einer drehbaren Pfeife, und das Glasrohr wird gegen die feststehende Schneidescheibe einen Augenblick unter Biegespannung gedrückt. Dadurch wird es gleichzeitig geritzt und gebrochen.

Eine vollkommene Wiedergabe der im Vorstehenden kurz geschilderten Vorträge mit dem Meinungsaustausch ist von der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft in Frankfurt a. M., Gutleutstr. 8, in Aussicht genommen. Erst dann wird man zugleich an der Hand von Abbildungen, die volle Bedeutung der Dresdener Tagung richtig zu würdigen vermögen. [N 951] H. G.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Die Exportmöglichkeiten der deutschen Maschinenindustrie, mit einem Geleitwort von Prof. Ludwig Bernhard. Von F. Reuter. Berlin 1924, Julius Springer. 132 S. Preis Gm. 6,60.

Der Übersee-Maschinenhandel. Eine Abhandlung über seine Gestaltung und über die sich in ihm auswirkenden Wechselbeziehungen zwischen Wirtschaft und Technik. Von W. Thiemann. Berlin 1924, Julius Springer. 245 S. Preis Gm. 11.

Seit dem Krieg ist der bis dahin nur spärlich behandelte Maschinenexport Gegenstand zahlreicher Untersuchungen geworden. Im Export treffen drei selbständige Faktoren der Wirtschaft zusammen: Industrie, Handel und Politik. In der Industrie entsteht das Produkt, sie behält entscheidenden Einfluß auf sein Schicksal, auch wenn es längst die Werkstatt verlassen hat. Der Handel stellt seine internationalen Beziehungen in den Dienst der Maschinenausfuhr, und die Politik hat die Aufgabe, den Verkehr zwischen den Staaten so zu regeln, daß die Interessen der einzelnen Wirtschafts- oder Industriezweige gefördert werden.

Nach allgemeinem Urteil ist der Einfluß der Politik auf die Ausfuhr unter normalen Verhältnissen gering. In neuester Zeit werden aber gerade in dieser Richtung Anstrengungen unternommen zu dem Zweck, die deutsche Maschine vom Weltmarkt abzusperren. Reuter untersucht nun Wesen und Entwicklung der Maschinenausfuhr, deren Stand vor dem Krieg er im allgemeinen als bekannt voraussetzt, indem er zunächst die Maschinenmärkte und die maschinenhandelspolitischen Maßnahmen der Länder schildert. Er unterscheidet dabei einen französisch eingestellten Ring, d. h. Staaten, die den Handelskrieg der französischen Regierung gegenüber Deutschland mitmachen oder politische Ziele wirtschaftlichen überordnen und deutsche Erzeugnisse, namentlich des Maschinenbaus, zolltarifarisch ungünstiger als die gleichartigen Erzeugnisse andrer Herkunft behandeln. Hierher rechnet der Verfasser Frankreich mit allen Kolonien und Protektoraten, England, Belgien, Luxemburg, Polen, Italien sowie mit gewisser Einschränkung Spanien und die Schweiz. Daneben stehen die Staaten, die wirtschaftliche Gesichtspunkte voranstellen, u. a. Nord- und Südamerika, die Sowjetföderation, Skandinavien, der Balkan, ferner Türkei, Österreich, Ungarn, Tschechien, Jugoslavien, Holland, Portugal.

In einem zweiten Teil stellt der Verfasser die Entwicklung der deutschen Maschinenindustrie nach dem Kriege dar und beleuchtet an einer großen Reihe von Beispielen die Wirkung zollpolitischer Maßnahmen vor und nach der Umstellung auf Goldmark sowie für verschiedene Maschinengattungen. Er stellt dann Vorschläge zur Hebung des Maschinenexports auf, die sich auf behördliche Maßnahmen gegen die Aussperrung vom Weltmarkt, die Betriebs- und Vertriebsorganisation, die Qualitätsfrage, das Ausstellungswesen usw. beziehen.

Die knappe Behandlung völlig außerhalb der Handelspolitik liegender, für die Ausfuhr wichtiger Punkte ist ein Fehler, zumal der Verfasser zum Teil die Einsicht in die Schwierigkeiten dieser Dinge vermissen läßt. Der Verfasser hätte sich auf die Darstellung handelspolitischer Erscheinungen beschränken sollen, die ihm gelungen ist.

Thiemann faßt die Frage vom Standpunkt des Handels an. Aus seiner Arbeit spricht der erfahrene Praktiker. Sie baut sich auf klarer Analyse der tieferen volkswirtschaftlichen Beziehungen sowie der Bedeutung von Produktion und Handel auf und stellt die Funktionen des Maschinenausfuhrhandels, ferner die wichtigsten Einflüsse und die betriebswirtschaftlichen Bedingungen für die praktische Abwicklung der Überseeausfuhr dar.

Für Wissenschaft und Praxis ist die Arbeit gleich bedeutsam, obgleich wohl beide nicht ganz auf ihre Kosten kommen werden, weil der Stoff zu spröde ist und sich wissenschaftlich wohl überhaupt nicht restlos befriedigend bearbeiten und bei aller Kenntnis nicht ganz erschöpfen läßt. Die Praxis hingegen wird die wissenschaftliche Einstellung zunächst als Belastung empfinden, die Bedeutung wissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweise auf diesem Gebiet unterschätzen.

An beiden Büchern ist das große Nachkriegsübel, die vielen Druckfehler, recht zu spüren.

[E 976] Dr.-Ing. Herbert F. Mueller.

Die Kreiselpumpen. Von C. Pfleiderer. Berlin 1924, Julius Springer. 395 S. m. 355 Abb. Preis Gm. 22,50.

Lebende Bücher. Herausgeg. von Adalbert Deckert. **Störungsdienst bei der Reichspost- und Telegraphenverwaltung.** Von Hermann Gramm. München 1924, J. Kösel und F. Pustet. 136 S.

Lebende Bücher. Herausgeg. von Adalbert Deckert. **Der Wein.** Sein Werdegang von der Traube bis zur Flasche. Von Franz Seiler. München 1924, J. Kösel und F. Pustet. 225 S.

Führende Männer. Von Heinrich Wiesenthal. Bd. 1: Physiker. Bd. 2: Physiker. Bd. 3: Chemiker. Bd. 4: Ingenieure. Bd. 5: Naturforscher. Leipzig 1924, Gustav Weigel. Bd. 1 bis 5 mit je 63 S. u. versch. Abb. Preis Gm. 1 jeder Band.

Lebende Bücher. Herausgeg. von Adalbert Deckert. **Die Dauerwiese.** Von Josef Fischer. München 1923, J. Kösel und F. Pustet. 234 S. m. 37 Abb.

Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands. Herausgeg. von der Preußischen Landesanstalt für Gewässerkunde. Abflußjahr 1916: **Allgemeiner Teil.** 21 S. H. 1: **Memel-, Pregel- und Weichselgebiet.** 28 S. H. 2: **Odergebiet.** 39 S. H. 3: **Elbegebiet.** 49 S. H. 4: **Weser- und Emsgebiet.** 34 S. H. 5: **Rheingebiet.** H. 6: **Küstengebiet der Ost- und Nordsee.** 38 S. — Abflußjahr 1917: **Allgemeiner Teil.** 18 S. H. 1: **Memel-, Pregel- und Weichselgebiet.** 28 S. H. 2: **Odergebiet.** 39 S. H. 3. **Elbegebiet.** 47 S. H. 4: **Weser- und Emsgebiet.** 37 S. H. 5: **Rheingebiet.** 26 S. H. 6: **Küstengebiet der Ost- und Nordsee.** 37 S. Berlin 1924, E. S. Mittler & Sohn.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Wärmeerzeugung und Wärmebilanzen von Feuerungen.

In Heft 39 vom 27. September d. J. berichtet Dipl.-Ing. Ebel über die Aufstellung von Wärmebilanzen von Feuerungen auf Grund der Rauchgasanalyse. Gerade weil ich diese von Ebel aufgestellte Methode für außerordentlich fruchtbringend erachte, möchte ich auf einige Unstimmigkeiten hinweisen.

Wenn man von der Rauchgasanalyse ausgeht, um den verbrannten freien Wasserstoff zu berechnen, scheint mir die sonst übliche Vernachlässigung des Schwefeldioxyds nicht mehr gerechtfertigt. Außerdem ist in dem sogenannten Stickstoffrest auch der elementare Stickstoff der Rohkohle in Gasform enthalten. Dieser darf für die Berechnung des verbrannten Wasserstoffgewichts nicht ausgewertet werden. Schließlich wäre im Interesse der Genauigkeit für den Faktor 4,77 genauer 4,76 zu setzen. Diese Unstimmigkeiten rufen Fehler hervor, die namentlich bei Rohbraunkohle schwer ins Gewicht fallen und, wie nachstehende Rechnung zeigt, mehrere 100 vH erreichen können.

Die Rohkohle enthält etwa 1,3 vH Schwefel, d. h. auf 1 kg Kohle 0,009 m³ Schwefeldioxyd, bezogen auf 0 °C und 760 mm. Die trockene Rauchgasmenge beträgt im Mittel 5,0 m³/kg, wovon das Schwefeldioxyd 0,18 vH beträgt. Dieser Wert müßte, auch wenn die Rauchgasmenge nicht bekannt ist, zunächst überschlägig berücksichtigt werden. Der Stickstoffrest beträgt also $100 - (11,0 + 8,2 + 0,18) \cdot 4,76 = 7,7$ vH. An elementarem Stickstoff enthält die Rohkohle etwa 1,0 vH; dem entsprechen 0,16 vH Stickstoffgehalt der Rauchgase. Auf die Wasserstoffverbrennung entfallen also $7,7 - 0,16 = 7,54$ vH Stickstoff, d. h. 0,0401 m³ Wasser mit 3,58 g verbranntem Wasserstoff. Hiernach ist $\alpha' = \frac{59}{3,58} = 16,5$. Das Verhältnis von Kohlenstoff zum verfügbaren Wasserstoff $\left(H - \frac{O}{8}\right)$ beträgt für Rohbraunkohle etwa $\alpha = 17,4$. Also ist der Kohlenstoffverlust in 1 m³ Rauchgas $(\alpha - \alpha') \cdot 3,58 = 3,22$ g. Ohne Berücksichtigung des Schwefeldioxyds und des elementaren Stickstoffs beträgt dagegen der Stickstoffrest $100 - (11,0 + 8,2) \cdot 4,76 = 8,55$ vH. Diesem entsprechen 0,0454 m³ H_2O mit 4,05 g verbranntem Wasserstoff, $\alpha' = 14,65$ und ein Kohlenstoffverlust von 11,05 g/m³. Man erkennt aus dieser Vergleichrechnung, daß man das Schwefeldioxyd und den elementaren Stickstoff unbedingt berücksichtigen muß.

Dipl.-Ing. P. Krüger.

Erwiderung.

Die Ausführungen des Herrn Einsenders zeigen, daß mein Aufsatz das gewünschte Echo gefunden hat und weitere Kreise an den angeschnittenen Fragen mitarbeiten wollen.

Da die Luft 20,96 Raumteile Sauerstoff und 79,04 Raumteile Stickstoff enthält und $\frac{79,04}{20,96} = 3,77$ ist, so ist die sichtbar gebundene Stickstoffmenge das 3,77fache von $(CO_2 + O_2)$; der Faktor 4,77 ist also richtig. Der Herr Einsender weist mit Recht darauf hin, daß Schwefel- und Stickstoffgehalt der Rohkohle berücksichtigt werden müssen. In meinem Aufsatz ist ausschließlich auf Steinkohle Bezug genommen, wo diese beiden Bestandteile in folgender Weise berücksichtigt wurden: Es ist angenommen, der Brennstoff enthalte 1 vH Schwefel und 1 vH Stickstoff. Das ergibt bei der Verbrennung als gesamte Stickstoffmenge etwa 0,026 48 m³. Da nach allgemeiner Anschauung das Schwefeldioxyd entweder bei der Probeentnahme in die Sperrflüssigkeit übergeht oder bei der Kohlensäureabsorption in der Kalilauge verbleibt, so tritt es bei der Rauchgas**untersuchung** nicht in die Erscheinung, man darf es also auch, wenn man von den Ergebnissen der Rauchgasuntersuchung ausgeht, nicht wieder berücksichtigen; wohl aber kommt der vom Schwefeldioxyd herrührende Stickstoff in Betracht.

Der Stickstoffgehalt des Brennstoffs bedingt für die Rauchgasuntersuchung eine Stickstoffmenge von 0,008 m³. Beide Einflüsse zusammen ergeben also $0,026\,48 + 0,008 = 0,034\,48$ m³ Stickstoff, der im ganzen für diese Brennstoffbestandteile ausgeschieden werden muß. Für Steinkohle ist nun bei der Aufstellung der Vorschläge mit 10 bis 12 m³/kg mittlerer Rauchgasmenge gerechnet. Unter diesen Verhältnissen würden also von der obigen Stickstoffmenge auf 1 m³ Rauchgas etwa 0,003 m³ oder 0,3 vH entfallen. Die Summe der übrigen Rauchgasbestandteile ist also nicht 100, sondern 99,7. Mit Rücksicht darauf habe ich bei der Aufstellung der Tafel für das Verhältnis des verbrannten Wasserstoffes zum verbrannten Kohlenstoff den Nullpunkt der Wasserstoffleiter bei 99,7 angesetzt.

Wenn nun Rohbraunkohle, bezogen auf das Brennbare, etwa doppelt soviel Schwefel und Stickstoff enthält, so muß das besonders ausgewertet werden. Für die angegebenen Verhältnisse erhält man aus der Schwefelverbrennung 0,0345 m³ Stickstoff, während der im Brennstoff enthaltene elementare Stickstoff wieder 0,008 m³ beträgt. Die Summe von 0,0425 m³ ergibt, verteilt auf nur 5 m³ Rauchgas, 0,0085 m³ in 1 m³ Rauchgas oder 0,85 vH. Die Summe der aus der Rauchgasuntersuchung ermittelten Gasbestandteile wäre also für diesen Fall nicht 100, sondern 99,15.

Das von dem Herrn Einsender durchgerechnete Beispiel ändert sich unter diesen Annahmen dahin, daß die unsichtbar gebundene Stickstoffmenge im Rauchgas $99,15 - (11,0 + 8,2) \cdot 4,77 = 9$ vH wird. Das entspricht einem verbrannten Wasserstoffgewicht von rd. 4,23 g in 1 m³ Rauchgas, und das Verhältnis des verbrannten Kohlenstoffs zum verbrannten Wasserstoff wird damit $59 : 4,23 = 14,0$. Auffallend scheint das für die Elementaranalyse der Rohbraunkohle angegebene Verhältnis $\alpha = 17,4$; nach dem Schaubild über die Zusammensetzung der Brennstoffe sollte man für Braunkohle $\alpha = 24$ bis 30 erwarten. Vielleicht liegt hier eine Verwechslung vor. [D 926]

Ebel.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

NR. 3 SONNABEND, 17. JANUAR 1925 BD. 69

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 84.

Ein neuzeitliches Gaswerk.

Von Dr. G. Nonnenmacher, Köln.

Das von Aug. Klönne, Dortmund, gebaute Gaswerk Gera ist das erste nach dem Kriege von Grund auf neu errichtete Gaswerk, bei dem alle Fortschritte und Erfahrungen der letzten Jahre angewendet werden konnten. — Baugeschichte und Einrichtungen des Werkes werden beschrieben.

Abb. 1. Gesamtansicht.

Die Stadt Gera hatte schon in der Vorkriegzeit den Bau eines neuen Gaswerkes geplant, da das bestehende Werk veraltet war und den durch Eingemeindungen noch ständig wachsenden Anforderungen nicht mehr genügen konnte. Die Kriegsjahre und der Zusammenbruch nach Kriegsende verzögerten immer wieder die Ausführung des Planes, bis schließlich die jetzige Direktion des Werkes die Verantwortung für den weiteren Betrieb des alten Werkes ablehnte und auch Erweiterungs- oder Erneuerungsbauten auf dem alten Grundstück für unwirtschaftlich erklärte. In dem Wettbewerb erhielt August Klönne im August den Auftrag.

Baugeschichte.

Der erste Ausbau sollte für eine Tagesleistung von 50 000 m³ bemessen werden; gleichzeitig wünschte man eine Erweiterungsfähigkeit auf die doppelte Leistung, also auf täglich 100 000 m³. Diese außerordentlich hohe Leistung ist deshalb von vornherein vorgesehen worden, weil man mit der nahen Möglichkeit einer Fernversorgung rechnet. Dieser Möglichkeit wurde vorschauend beim Entwurf der ganzen Anlage und bei der Einrichtung einzelner Anlagenteile, vor allem auch der Kompressoren und Druckregler, Rechnung getragen. Nur wegen der schlechten Finanzverhältnisse der Gemeinden sind Fernanschlüsse vorläufig noch unterblieben.

Ausdehnungsfähigkeit und Übersichtlichkeit waren die Leitgedanken, unter denen der Bauplan entstanden ist. Das für die Anlage bestimmte Grundstück war geräumig genug, um diese Ziele zu verwirklichen; es hat eine Längenausdehnung von 350 m. Die Lage des Grundstücks an den Eisenbahnlinien Gera-Jena-Weimar und Gera-Leipzig schien für die Beförderung von Brennstoffen, Nebenerzeugnissen und Baustoffen äußerst günstig.

Nachdem man zunächst den Eisenbahnanschluß fertiggestellt hatte, um die ankommenden Baustoffe sofort der Verwendungsstelle zuführen zu können, wurde Anfang November 1921 der erste Spatenstich zu den Gebäuden getan.

Die Bodenverhältnisse waren über Erwarten schwierig. Auf dem Gelände fand sich ein zugeschütteter Teich, der erst in 7 m Tiefe festen Grund bot. Der Wasserandrang war sehr stark. Im Herbst 1922 waren die Gebäude im Rohbau fertig. Nach Überwindung von mancherlei Behinderungen war am Neujahrstag 1923 die Ofenanlage betriebsfertig und wurde trotz erneuter Schwierigkeiten infolge des Ruhrkampfes am 7. Juli 1923 in Betrieb gesetzt.

Nach den Vertragsbedingungen hatte die Firma Klönne den Betrieb während der ersten zwei Monate zu leiten. In dieser Zeit wurden die noch nötigen Aufräumungs- und Regulierungsarbeiten ausgeführt und die Benzolanlage und Ammoniakfabrik in Betrieb gesetzt.

Die Ergebnisse der Probe-Betriebsleitung haben selbst in den untersten Grenzen die vertraglichen Garantiezahlen übertroffen. Aus 100 kg Zwickauer Kohle wurden im Mittel 37 m³ Gas erzeugt; das Gas hatte einen Heizwert von 4200 bis 4400 kcal (bei 0 °C und 760 mm Luftdruck). Die Leistung eines Ofens war demnach (bei 6 Kammern von je 3 t Kohlenfassungsraum) $18 \times 370 = 6660$ m³. Die Unterfeuerung verbrauchte 12 bis 16 kg Reinkoks auf 100 kg Kohle.

Am 12. September 1923 ist der Betrieb bedingungsgemäß an die städtische Direktion übergeben worden.

Das fertige Werk ist in Abb. 1 dargestellt. An dem Lageplan, Abb. 2, fällt zunächst die Weitläufigkeit, Übersichtlichkeit und planmäßige Gliederung der Anlage auf. Entgegen der häufigen Gepflogenheit, Gaswerke eng zusammenzubauen, hat man hier den Raum in großzügiger Weise aufgeteilt. Dabei war vor allem die Absicht leitend, das Werk später auf die doppelte Leistungsfähigkeit zu

Abb. 2. Lageplan des Gaswerks Gera.

a Betriebsgebäude
b Uhrenhaus
c Gasbehälter 30 000 m³
d Gasbehälter-Erweiterung 40 000 m³
e elektrische Hauptschaltstelle
f Kesselhaus
g Wage
h Kokssieberei
i Einfahrt
k Löschturm
l Vertikalkammer-Ofenanlage
m Erweiterung von *l*
n Raumkühler
o Kohlensilo
p Kokslager mit
q Hängebahn
r Kohlenbrechanlage und Becherwerke
s Kohlenlager
t Werkstätte und Magazin
u Schmiede
v Wohlfahrtsgebäude
w Pumpenraum
x Ammoniakfabrik
y Salzlager
z Ammoniakwassergrube
a_1 Teergrube
b_1 vorgesehene Wassergasanlage
c_1 Reutterkühler
d_1 Gassauger
e_1 Gasuhren
f_1 Benzolanlage
g_1 Erweiterung der Apparatenanlage
h_1 Regenerieranlage
i_1 Erweiterung dazu
k_1 Reinigeranlage
l_1 Erweiterung dazu
m_1 Kompressoranlage
n_1 Erweiterung dazu

erweitern; auch nach dieser Erweiterung sollte die Übersichtlichkeit der Anlage nicht leiden. Es ist deshalb jeweils neben den einzelnen Anlageteilen, die für eine Erweiterung in Frage kommen, der nötige Raum für eine zweite gleich große Anlage vorgesehen worden. Wenn deshalb die Werkanlage in der Gliederung zurzeit noch stark auseinandergezogen erscheint, so wird sich doch die Zweckmäßigkeit dieser Gliederung nach vollendetem Ausbau erweisen.

Die einzelnen Anlageteile sind planmäßig auf das Grundstück verteilt. Eine 10 m breite und 315 m lange Werkstraße durchschneidet das Werkgelände in der Längsrichtung. An ihrem Eingang liegt das Verwaltungsgebäude. Parallel zu dieser Straße liegen am Grundstück entlang die Anschlußgleise der Staatsbahn. Zwischen der Werkstraße und den Anschlußgleisen haben vor allem Kohlen- und Kokslager und die auf sie angewiesenen Anlageteile: die Ofenanlage, Kokslöschung, Kokssieberei und das Kesselhaus, ihren Platz. Eine auf wirtschaftlichen Betrieb eingerichtete Förderanlage verbindet alle Teile des Werkes mit dem Bahnanschluß. Auf der gleichen Straßenseite sind das elektrische Kraftwerk, der 30 000 m³ fassende Gasbehälter mit vorgelagerter Gasmesseranlage sowie Platz für einen zweiten Gasbehälter von 40 000 m³ Inhalt und für einen zweiten Ofenblock von acht Öfen angeordnet.

An der andern Straßenseite liegen vom Werkeingang ausgehend: die Kompressorenanlage, die Reiniger- und Regenerieranlage und die Apparatenanlage, alle ebenfalls mit Raum für gleich große Erweiterungsbauten. Es folgen der Platz für eine vorgesehene Wassergasanlage, sodann die Ammoniak- und Teergruben, die Sulfatanlage, Ammoniakfabrik und Salzlager, Schmiede und sonstige Werkstätten und Betriebsgebäude.

Ofenanlage.

Für die Ofenanlage, Abb. 3, sind die von August Klönne, Dortmund, zuerst eingeführten Vertikal-Kammeröfen gewählt worden. Im ersten Ausbau sind 6 Kammeröfen errichtet worden, denen jederzeit ein gleich großer siebenter und achter Ofen angefügt werden können. Jeder der Öfen hat 6 Kammern von je 3 t Fassung. Die Kammern sind nach dem patentierten Verfahren als fugenlose Stampfkammern ausgeführt.

Nach diesem Verfahren wird die feuerfeste Betonmasse an Ort und Stelle gemischt und in Formen gestampft. Während des Trocken- und Hochfeuerns der Öfen werden dann die Kammern von selbst gebrannt. Auch die Decken und Wände der Heizkanäle werden so hergestellt. Man ist also beim Aufbau unabhängig von der Schamottefabrik und von der mehr oder weniger guten Ausführung der Formsteine. Es gibt keine Bruchverluste beim Befördern der Formsteine, kein Warten auf Ersatzteile mehr; die Bauzeit wird kürzer und die Baukosten niedriger. Noch wichtiger sind die betrieblichen Vorteile: Zwischen den glatten, fugenlosen Wandungen fallen die ausgestandenen Koks hemmungslos aus der Kammer, das Gas entweicht schneller, die Ausstehzeit wird kürzer, es zeigt sich fast kein Graphitansatz, geringere Gaszersetzung und weniger Naphthalin, der Unterfeuerungsverbrauch wird geringer, das Gas hochwertiger und die Gasausbeute größer.

Abb. 3. Ofenanlage.

Im übrigen sind die Öfen als Rekuperativöfen mit Einzelgaserzeugern und Treppenrostfeuerung gebaut. Der Ofenblock steht frei und trägt, in entsprechender Höhe auf der Ofenverankerung aufgebaut, ein Schutzdach. An der Kopfseite des Ofenblocks ist der aus Eisenbeton errichtete Kohlensilo angebaut, aus dem die Kohlen in einen 3 t fassenden Kohlenfüllwagen abgezogen werden, der, unter dem Schutzdach an einer Hängebahn laufend, den Ofenblock bestreicht und die Kammern von oben beschickt. Der Füllwagen dient gleichzeitig als Meßgefäß und läuft außerdem über eine eingebaute Wage, um auch das jeweilige Gewicht der Kohlen genau festzustellen. Alle 24 Stunden werden die Kammern entleert; die Koks stürzen dabei in besondere Kokswagen, die von einer Benzollokomotive zur Kokslösche gefahren werden.

Förderanlagen.

Die Förderanlage für Kohle und Koks hat man von vornherein so entworfen, daß allen jetzt und später auftretenden Aufgaben Rechnung getragen wird. So entstand die aus dem Lageplan, Abb. 2, ersichtliche Anlage.

Die an der Südwestseite des Werkes entlangführenden Vollbahn-Anschlußgleise werden an zwei Stellen von den Schenkeln einer U-förmigen Hängebahnschleife überquert. Die Schleife umschließt die beschriebene Ofenanlage mit Kohlensilo und den Raum für eine vorgesehene gleichgroße zweite Anlage, ferner Raumkühler, Löschturm und Kokssieberei, über die noch besonders zu sprechen sein wird. Der mittlere Teil der Hängebahn streicht über das Kokslager, das vorderhand noch gleichzeitig als Kohlenlager dient; von dem einen Schenkel, der über den Vorbunker des Kohlensilos führt, ist eine Abzweigung nach dem nordwestlich gelegenen besonderen Kohlenlagerplatz vorgesehen; der andere Schenkel läuft über den Zwischenbunker der Kokssieberei und hat außerdem zwei Abzweigungen, von denen die eine die Werkstraße überbrückt und bis zu der jenseits der Straße vorgesehenen Wassergasanlage führt, während die andere ebenfalls das Kokslager bestreicht und von dort aus weitergeführt werden kann zu einem anstoßend geplanten Rohrlager.

Auf diese Weise kann die Kohlen-, Koks- und Werkstoffbeförderung mit einer organisch in sich geschlossenen Anlage bewältigt werden.

Der eine Schenkel der Hängebahnschleife, Abb. 4, dient zum Umschlag der K o h l e n vom Anschlußgleis zum Lagerplatz und zum Beschicken des Kohlensilos. Die Kohlen werden mit der Greiferlaufkatze entweder unmittelbar aus dem Eisenbahnwagen oder vom Kohlenlager her zum Vorbunker gefahren. Ein Rollenrost führt hier die Kohlen der Brechanlage zu, aus der die gebrochenen Kohlen durch zwei Becherwerke von je 25 t/h Leistung in den 200 t fassenden Kohlensilo befördert wird. Der Abzug aus dem Silo in die Füllwagen zur Beschickung der Öfen ist bereits beschrieben worden.

Für den nordwestlich gelegenen Kohlenlagerplatz ist noch eine fahrbare Verladebrücke vorgesehen, deren Bau wegen der Zeitverhältnisse zurückgestellt wurde.

Der andere Schenkel der Hängebahnschleife hat in erster Linie die K o k s f ö r d e r u n g zu bewältigen, Abb. 5. Die von der Kokslösche kommenden Kokskörbe werden dort von der Hängebahn entweder zum Kokslager gefahren oder in den Vorbunker der Kokssieberei gestürzt. Auf der nordöstlichen Verlängerung der Kokshängebahn können die Koks unmittelbar zu der vorgesehenen Wassergasanstalt gefahren werden. Am Ende dieser Verlängerung hat der Hochbahnstrang Anschluß an eine zur Regenerieranlage führende Förderbahn, über die er die Anfuhr der ankommenden und die Abfuhr der verbrauchten Reinigermasse besorgt. Diese und andere Material- und Werkstoffförderung führt die Kokshängebahn mit ihren Abzweigungen aus, und zwar ebenso wie die Kohlenhängebahn mit unmittelbarem Anschluß an die Staatseisenbahn.

Von der Kokssieberei führt noch eine Hängebahn über den Ofenblock. Auf ihr werden die Koks für die Unterfeuerung unmittelbar an der Sieberei abgezogen und den Gaserzeugern zugeführt. Auf diese Weise wird jedes unnötige Heben und Stürzen von Koks vermieden.

Ein wesentlicher Vorteil der ganzen Förderanlage besteht auch darin, daß sämtliche Hängebahnen organisch miteinander verbunden sind, so daß je nach den Anforderungen des Betriebes jeder Teil der Anlage zur Aushilfe für einen anderen Anlagenteil, z. B. die Kohlenbahn für die Koksförderung oder die Koksbahn für die Kohlenförderung, mitbenutzt werden kann.

Kokslöschung.

Bei der alle 24 Stunden stattfindenden Entleerung der Kammern fallen die Koks, wie erwähnt, in einen Kokswagen, den eine Benzollokomotive sofort unter den Löschturm und von da unmittelbar unter die Kokshängebahn fährt. Man hat hierfür Benzollokomotiven gewählt und dadurch gegenüber dem sonst üblichen elektrischen Antrieb den Vorteil erreicht, daß nicht wie sonst das ganze Gelände von elektrischen Oberleitungen überzogen wird. Der Antriebwagen hat einen angebauten Führerstand, zwei Geschwindigkeiten und Wendegetriebe.

Unter dem Löschturm wird der glühende Kokskuchen gleichzeitig von oben gebraust und auch von unten gelöscht. Der hohe Löschturm, Bauart Klönne, besteht im unteren Teil aus Eisenfachwerk mit Betonauskleidung, während der eigentliche Dunstschlot in Eisenkonstruktion mit Holzverschalung ausgeführt ist. Zum Löschen von unten hat der Kokswagen eine besondere Einrichtung erhalten; der eigentliche Kokskorb hängt in einem äußeren Blechmantel, der an den Stirnwänden besondere Einläufe hat. In diese Einläufe wird durch besondere Rohrleitungen Löschwasser eingelassen, das von unten in den glühenden Kokskuchen eindringt. Die Löschung dauert 2 min.

Unter die Kokshängebahn gefahren, wird der Kokskorb mit einem Querstück, das an dem Hubseil der Laufkatze befestigt ist, aus dem Wagen herausgehoben und zur Sieberei oder zum Kokslagerplatz gebracht. Der Kokskorb ist als Klappkübel ausgebildet und wird vom Führerstand der Laufkatze aus wie ein Greifer geöffnet und geschlossen. Im übrigen ist der Korb aus Flacheisen gebaut, das auch bei einseitiger Erhitzung keine übermäßigen

Abb. 4. Bekohlungsanlage.

Abb. 5. Kokssieberei und Kesselhaus.

Wärmespannungen aufzunehmen hat; die Korbwände können sich also nicht werfen und verbiegen, so daß die Lebensdauer des Kokskübels bedeutend erhöht ist.

Die in Gera geschaffene Kokslöschung hat den ganz besonderen Vorteil, daß die Koks ohne irgendwelche Umladung aus der Kammer in die Sieberei oder zum Lagerplatz gebracht werden. Dadurch ist der höchste Grad von schonender Behandlung der Koks erreicht.

Kokssieberei.

Die Klönnesche Bauart des südöstlich des Ofenblocks gelegenen Siebereigebäudes, Abb. 5, geht bewußt in die Senkrechte und erreicht dadurch — im Gegensatz zu der Wagerechtabsiebung — eine beträchtliche Raumersparnis.

Die Koks werden aus dem Vorbunker in den hochgelegenen Sammelbunker im Oberteil des Siebereigebäudes befördert. Aus diesem werden sie zunächst in eine Siebtrommel abgezogen, die Feinkoks und Grobkoks scheidet. Die Feinkoks dienen zum Vorfüllen der Kammern und werden mit der bereits erwähnten Hängebahn über den Ofenblock gefahren. Die Grobkoks kommen — soweit sie nicht für die Gaserzeuger-Unterfeuerung gebraucht werden — zunächst in einen Brecher und, nachdem sie gebrochen sind, in eine zweite Siebtrommel, die sie in fünf verschiedene Korngrößen trennt. Im unteren Teil des Gebäudes wird das Fertigerzeugnis, nach Korngrößen gesondert, abgezogen, und zwar auf der Werkseite für den Kleinverkauf und auf der gegenüberliegenden Bahnseite für die Abfuhr in Eisenbahnwagen. Der Werdegang von Rohkoks bis zu verkaufsfertigen Koks vollzieht sich also in dieser Sieberei in senkrechter Richtung von oben nach unten fortschreitend.

Vom Siebereigebäude führt eine Verbindungsbrücke hinüber zu dem jenseits der Kokshängebahn gelegenen Kesselhaus. Auf der Verbindungsbrücke läuft eine Förderbahn, die den beim Sieben entfallenden Koksgrus unmittelbar vom Siebereigebäude in den Kesselhausbunker fährt.

Kesselhaus.

Das Kesselhaus, Abb. 5, beschließt die Reihe der unmittelbar am Vollbahngleis gelegenen Gebäude. Die Kesselanlage ist besonders groß gewählt; sie versorgt den ganzen Maschinenpark und die gesamte Gebäude- und Gasbehälterheizung des Werkes. Zurzeit sind zwei Flammrohrkessel von 75 und 100 m² Heizfläche mit Überhitzern eingebaut. Außerdem ist Raum für eine dritte Kesseleinheit vorgesehen.

Die Kessel sind für Koksgrusfeuerung eingerichtet und mit einem Unterwindgebläse, Bauart der Deutschen Evaporatorgesellschaft, in Verbindung mit der Hartmannschen Wurfvorrichtung ausgestattet.

Der Brennstoff wird, wie erwähnt, aus der gegenüberliegenden Sieberei mit einer besonderen Förderbahn angefahren. In dem vor dem Kesselhaus vorbeiführenden Vollbahn-Anschlußgleis ist eine Waggonwage mit elektrischem Antrieb eingebaut.

Raumkühler.

Das in den Kammern erzeugte Leuchtgas tritt am Kammerkopf in die Verbindungsrohre zu den Vorlagen über. Die Vorlage trennt Gas und Teer. Der Teer wird in besonderer Leitung abgeführt und das Gas in einer Sammelleitung zum Raumkühler geleitet.

Der Raumkühler, ein Eisenzylinder von 3,5 m Dmr. und 30 m Höhe, überragt weithin sichtbar den vorgelagerten Ofenblock.

Das Rohgas tritt mit möglichst hoher Temperatur in den Raumkühler ein, wird durch eine besondere Abteilhorde auf den ganzen Querschnitt verteilt und steigt dann langsam in einem Strom aufwärts. Dabei scheidet sich, dem Grad der Abkühlung entsprechend, Teer aus, verdichtet sich und fällt wie ein Regen dem steigenden Gas entgegen. Der niederrieselnde Teer wäscht das Naphthalin vollkommen aus; ein besonderer Naphthalinwäscher mit seinen Unkosten für Anschaffung, Wartung und Waschöl ist deshalb entbehrlich. Der Teer selbst nimmt beim Niedergang die Temperatur des eintretenden Gases an und läuft ganz dünnflüssig aus dem Kühler. Der sogenannte Dickteer, der Wassereinschlüsse zeigt, mit dickem Grus vermischt, und sich durch Pumpen nicht weiterbefördern läßt, kommt bei Verwendung dieses Raumkühlers nicht vor.

Apparateanlage.

Nachdem das Gas bereits mit einem sehr hohen Grad von Reinheit den Raumkühler verlassen hat, wird es zu der jenseits der Werkstraße gelegenen Apparatenanlage geleitet. Zunächst wird eine Nachkühlung in den beiden Wasserkühlern, Bauart Klönne, vorgenommen, die an der Giebelseite des Apparatehauses aufgestellt sind.

Im vorderen Raum des Apparatehauses ist die Saugeranlage untergebracht, bestehend aus drei dreiflügeligen Saugern, von denen das Gas durch die Kühler gesaugt wird. Jeder Sauger ist mit einer Dampfmaschine unmittelbar gekuppelt.

Mit den Gassaugern parallel geschaltet ist ein Umlaufregler, der den Unterdruck, womit das Gas von den Öfen abgesaugt wird, ständig auf gleicher Höhe hält und die Gasmenge der Erzeugung entsprechend regelt. Hinter den Gassaugern ist ein Sicherheitstopf an die Rohrleitung angeschlossen.

Der weitere Weg des Gases führt durch einen Teerscheider und einen umlaufenden Ammoniakwäscher, die beide im Mittelraum des Apparatehauses untergebracht sind. In dem anschließenden dritten Raum befindet sich die Benzolanlage, in der zurzeit 20 g Benzol aus 1 m³ Gas ausgewaschen werden. Dazu wird ein Schleuderwäscher mit senkrechter Welle verwendet, der durch eine neben dem Apparat aufgestellte stehende Dampfmaschine angetrieben wird. Die Dampfmaschine treibt gleichzeitig über eine Transmission die umlaufenden Pumpen, die das Waschöl fördern.

Die Anlage ist so eingerichtet, daß wahlweise entweder vor oder nach der Schwefelreinigung das Benzol ausgewaschen werden kann. Des besseren Erzeugnisses wegen nimmt man im Betrieb die Auswaschung nach der Schwefelreinigung vor; das Gas wird also zunächst durch den Raum der Benzolanlage hindurch zu der benachbarten Reinigeranlage geleitet.

Schwefelreinigung.

Die Anlage zur Schwefelreinigung, eine von Klönne, Dortmund, geschaffene Sonderausführung, besteht aus einer dem Regenerierraum vorgelagerten freistehenden Hochreinigung mit vier zusammengebauten Kasten, deren jeder 5 × 5 m² Grundfläche und eine Höhe von 3,2 m hat. Da auf die zwangläufige Führung des Gasstromes besonderes Gewicht gelegt wird, sind 3 bzw. 6 Strom- und Stromumkehrvorrichtungen vorhanden.

Die vier Reinigerkasten sind aus gußeisernen Platten zusammengesetzt. Die Abdeckung besteht aus schmiedeeisernen gewölbten Deckeln, so daß das Regenwasser ohne weiteres ablaufen kann. Als Abdichtung hat man an Stelle der hydraulischen Dichtung die Trockendichtung gewählt; das Dichtungsmittel zwischen Deckel und Kasten besteht aus bestem zähem Sondergummi. Das Gewicht solcher Reiniger mit Trockendichtung ist geringer als bei nasser Dichtung.

Abb. 6. Ammoniakfabrik.

Ein fahrbarer Laufkran mit Hub- und Fahrwinde dient zum Abheben und Verfahren der Reinigerdeckel und zum Einbringen der Reinigermasse. Die Kasten werden nach unten in Kippwagen entleert, mit denen die Masse unmittelbar in den anstoßenden Regenerierraum befördert wird. Für die An- und Abfuhr der Masse zum und vom Werk führt, wie bereits erwähnt, eine Förderbahn an der Reinigeranlage entlang bis zu der nordöstlichen Abzweigung der Kokshängebahn, die die Verbindung mit dem Staatsbahngleis herstellt.

Um die Wirkung der Reiniger besonders wirtschaftlich zu gestalten und die Regenerierung weniger oft nötig zu machen, wird dem Gas in den Reinigern je nach Bedarf 1 bis 3 vH Luft zugeführt. Dabei wird die Luftmenge durch Ab- und Zulassen von Wasser in den Luftzuführapparat geregelt. Dieser ist in der Gasmesseranlage aufgestellt und wird mittels Gallscher Kette von den Stationsgasmessern angetrieben.

Messer- und Kompressorenanlage.

Nahe bei der Reinigeranlage liegen beiderseits der Werkstraße die Kompressoranlage und die Gasmesseranlage, jene auf der nordöstlichen Seite und diese gegenüber unmittelbar vor dem 30 000 m³ fassenden Gasbehälter, in den das verkaufsfertige Gas gedrückt wird, nachdem es die Stationsmesser durchströmt hat.

Die Kompressorenanlage hat man von vornherein auf die später zu erwartende Fernversorgung eingestellt. Sie besteht aus zwei umlaufenden Gebläsen mit einem Gegendruck von 1 m W.-S., von denen eine Maschine immer als Reserve dient. Um stets unbedingte Betriebsicherheit zu haben, wird das eine Gebläse durch Elektromotor, das andre durch Gasmotor angetrieben. Für die spätere Vergrößerung ist in dem gleichen Raum noch Platz für ein drittes Gebläse gelassen.

Ammoniakfabrik.

In der Höhe des Ofenblocks steht jenseits der Werkstraße die Ammoniakfabrik, Abb. 6. Vor dem Gebäude liegen, mit Platten eingedeckt, die Ammoniakwassergrube und die Teergrube. Diese Nebenerzeugnisse werden von den Öfen ab in unterirdischen Sammelleitungen bis nach den Gruben geführt. Außer den Leitungen für die Nebenerzeugnisse liegen auch alle Dampfleitungen des Werkes unterirdisch, und zwar in einem Betonkanal, der vom Kesselhaus ausgeht und bis zu den einzelnen Verwendungsstellen und Gebäuden durchgeführt ist. Der Kanal wurde so abgedeckt, daß er jederzeit bequem zugänglich ist.

Der Behälterturm beherbergt im unteren Raum die Teer-, Ammoniak- und Wasserpumpen. Die Pumpanlage fördert Teer und Ammoniak in Hochbehälter, die im mittleren Teil des Turmes aufgestellt sind. Der Teer wird von hier aus in einer Leitung, die ebenfalls in dem erwähnten Betonkanal liegt, einem Verladekran am Kesselhaus zugeführt und dort in Kesselwagen abgefüllt. Außerdem ist für den Kleinteerverkauf eine Abfüllstelle in der Nähe des Behälterturms eingerichtet.

Das Ammoniakrohwasser gelangt aus seinem Hochbehälter zum Abtreibapparat im Erdgeschoß und wird hier zu schwefelsaurem Ammoniak verarbeitet.

Elektrisches Kraftwerk.

Als Betriebskraft für die Sauger, Pumpen und die Ammoniakfabrik hat man Dampf gewählt, der in dem oben beschriebenen eigenen Kesselhaus erzeugt wird. Alle Förderanlagen dagegen werden elektrisch angetrieben. Für die Transformierung und Verteilung des elektrischen Stromes ist gegenüber dem Apparatehaus eine Schaltanlage errichtet worden. Der vom städtischen Elektrizitätswerk gelieferte Drehstrom wird von 5000 V auf 380/225 V transformiert. Auch die Innen- und Außenbeleuchtung ist elektrisch.

Betriebsgebäude.

Am Eingang des Gaswerkes liegt zur Linken das Verwaltungsgebäude. Am andern Ende der Werkstraße reihen sich an die Ammoniakfabrik weitere Gebäude an, in denen, neuzeitlich eingerichtet, die Schmiede, die Schreinerei und andere Werkstätten und Lagerräume sowie Diensträume für Lager- und Gasmeister untergebracht sind.

Wohlfahrtseinrichtungen.

Das Gebäude der Ammoniakfabrik bot Raum zur Unterbringung vorbildlicher Wohlfahrteinrichtungen für die Arbeiterschaft. Dort sind Bäder, Brausen, Speiseräume, Aufenthaltsräume und Küche eingerichtet. Außerdem hat man für den Gesundheitsschutz der Ofenarbeiter eine besonders zweckmäßige Vorkehrung getroffen; man hat im unteren Teil des Kohlensilos Umkleide- und Aufenthaltsräume geschaffen, damit die von der Ofenarbeit erhitzten Mannschaften unmittelbar in ihre Räume gelangen können, ohne sich zuvor gesundheitlichen Gefahren aussetzen zu müssen. [B 563]

Maschinen für die Metallbearbeitung in England.

Von Obering. Weil, Frankfurt a. M.

(Schluß von S. 34.)

Pressen.

Schwungrad-Exzenterpressen waren in Wembley sehr gut durch Rhodes & Sons, Wakesfield, und Taylor & Challen, Birmingham, vertreten und auch im Betriebe zu sehen. Abb. 10 und 11 zeigen eine gewöhnliche Ziehpresse mit Voll- und Leerscheibe und einem durch Exzenterwelle angetriebenen Schlitten von 254 mm Hub und 100 mm Anstellung, ferner einem Blechhalter mit 135 mm Hub und 51 mm Anstellung. Der Gestelldurchgang beträgt 560 mm. Die Kurbelwelle aus hartem Stahl wird von der Antriebscheibe durch einfaches Rädervorgelege angetrieben und betätigt mittels Druckkönigs den Ziehstößel und mittels Kurvenscheiben und im Ölbad laufenden Rollen den Blechhalter. Die selbsttätig wirkende Ausstoßvorrichtung für das fertig gezogene Gefäß wird vom Stößel bei seinem Rückzug dadurch betätigt, daß zwei daran befestigte Zugstangen *a* die Brücke *b* im Unterteil des Gestells in die Höhe ziehen, in welche, mit Handrad und Gewinde einstellbar, der senkrechte Ausstoßer *c* eingesetzt ist.

Die Presse läuft mit 32 Hüben in der Minute und kann Bleche aus weichem Stahl, Aluminium usw. bis zu 1½ mm Dicke verarbeiten und zylindrische Körper von 254 mm Dmr. bei 65 mm Höhe aus Scheiben von 350 mm Dmr. ziehen. Sie wiegt etwa 3150 kg.

Eine weit schwerere Maschine ist die Kniehebel-Ziehpresse, Abb. 12 und 13, deren Blechhalter *a* durch eine von der Exzenterwelle betätigte Doppelhebelgruppe angepreßt wird. Diese mit 10 Hüben in der Minute arbeitende Presse kann Bleche bis zu 710 mm Dmr. aus Stahl, Messing, Kupfer oder Aluminium zu Hohlgefäßen von 460 mm Dmr. bei 152 mm Tiefe oder von 380 mm Dmr. und 235 mm Tiefe ziehen; hierbei hat der Ziehstößel 480 mm Hub und 88 mm Anstellung und der Blechhalterstößel 254 mm Hub bei 127 mm Anstellung; die Presse wiegt etwa 13 t. In den Antrieb der Presse ist eine Reibkupplung eingeschaltet, und die Ausstoßvorrichtung wird zwangläufig betätigt, indem ein mit der Kurbelwelle verbundenes Hebelwerk die beiden Gelenke *c* am Ausstoßschlitten betätigt, welche den Ausstoßer im geeigneten Augenblick anheben.

Die meisten Schwungradpressen werden mit einer Einrichtung versehen, die die Kurbelwelle in der Höchststellung des Stößels sebsttätig stillsetzt. Grundsätzlich erreicht man dies bei den kleineren Maschinen dadurch, daß man das große Antriebrad auf der Kurbelwelle nicht fest aufkeilt, sondern lose lagert. Das Rad wird durch eine Keilkupplung mitgenommen, die man mit der Hand oder mit dem Fuß einrückt und die sich auch selbsttätig ausrückt, wenn der Stößel oben anlangt. Eine solche Kupplung von Taylor & Challen, die sich in vielen Ausführungen bewährt haben soll, zeigt Abb. 14. Das lose Rad *a* wird mit der Kurbelwelle mittels des Keiles *c* gekuppelt, der quer durch die Welle geht und in die Nuten der mit dem Rade *a* fest verbundenen Büchse *d* einspringen kann, sobald die Feder in Wirksamkeit tritt; daran wird die Feder aber durch die Scheibe *b* gehindert, die mit dem Einrückhebel *e* gelenkig verbunden ist. Sobald dieser Hebel mit dem oberen Arm nach links rückt, also auch die Scheibe *b* nach links zieht, gibt diese die Feder frei, und der Keil tritt in eine der drei Nuten der Büchse *d*, wodurch das Rad *a* fest mit der Kurbelwelle gekuppelt wird. Beim Aufwärtsgang des Stößels drücken andre Federn die Scheibe *b* in ihre frühere Lage zurück, und wenn die Kurbelwelle eine volle Umdrehung vollführt hat, ist auch der Keil *c* wieder selbsttätig in die Leerlaufstellung zurückgeschoben. Die Falle *f* wirkt hierbei als Sicherung gegen etwaiges Überlaufen.

Bei schweren Pressen, Abb. 12, wird das große Antriebrad auf der Kurbelwelle fest aufgekeilt und der Stößel in der Höchststellung dadurch selbsttätig stillgesetzt, daß eine Reibkupplung in der Antriebscheibe betätigt wird; diese wird von der Kurbelwelle aus durch Gestänge so gesteuert, daß die Auslösung des Antriebes, also der Stillstand der Kurbelwelle, in dem Augenblick eintritt, wo der Stößel das obere Hubende erreicht. Eine Bremse sichert die Wirkung dieser Vorrichtung.

Bemerkenswert war auch die Tiefziehpresse nach Berry, Abb. 15, die zylindrische Hohlkörper aus Aluminium, Kupfer usw. nach einem neuen Ziehverfahren in einem einzigen Kurbelhub herstellt, während sonst drei Arbeitstufen notwendig wären, außerdem mit der vierfachen Geschwindigkeit der gewöhnlichen Kniehebelpressen arbeiten soll.

Der Preßvorgang ist aus Abb. 16 verständlich: Stößel *a* senkt sich und preßt das Blech auf die Matrize *d*, wobei er eine Scheibe, die seinem äußeren Durchmesser entspricht, aus dem Blech herausschneidet. Zu gleicher Zeit geht der von mehreren Stahlsäulen *f* getragene Ring *e* selbsttätig mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Stempel *a* abwärts; der Ring zieht das Blech über die ebenfalls durch Säulen *i* gestützte Matrize *h* zu einem flachen Gefäß (erster Zug), dessen äußerer Durchmesser der weiteren Ausnehmung des Stempels *a* entspricht; jetzt senkt sich die Matrize *h* in derselben Art wie vorher der Ring *e*, und das Gefäß wird über den im Untersatz befestigten Dorn *n* zu einem Gefäß mit kleinerem Durchmesser gezogen, indem sich die kleinere Öffnung des Stempels *a* über den Dorn schiebt.

Bei dieser Arbeitsweise wird das Gefäß zum Unterschiede gegenüber

Abb. 10.

Abb. 11.

Abb. 10 und 11. Ziehpresse mit durch Exzenterwelle angetriebenem Schlitten.

Abb. 12.

Abb. 15. Tiefziehpresse nach Berry.

Abb. 13.
Abb. 12 und 13. Kniehebel-Ziehpresse.

Abb. 16.
Schnitt durch die Tiefziehpresse.

Abb. 14.
Keilkupplung von Taylor & Challen.

Abb. 17 und 18. Drehkupplung mit selbsttätiger Bremse zum Einrücken und selbsttätigen Ausrücken des Antriebrades.

andern Ziehpressen mit dem Boden nach oben erzeugt. Es hat dabei das Bestreben, sich auszudehnen, bleibt daher beim Rückgang des Stempels *a* in diesem hängen und wird erst, wenn der Stempel den höchsten Punkt erreicht hat, durch den Springfederzapfen *c* ausgestoßen.

Die Bewegungen der in den Untersatz eingebauten Teile werden von dem durch die Kurbel bewegten Stempelschlitten in der Weise abgeleitet, daß zwei daran befestigte Bolzen, die durch das Gestell gehen, mittels Übersetzungen drei Kurvenscheiben betätigen; diese sind im Fuß des Gestells so eingebaut, daß die beiden äußern Kurvenscheiben auf die Scheibe *l* und den Rundkörper *g* wirken, während die mittlere die Stange *m* und den Körper *k* bewegt.

Die Einrichtung zum Einrücken und selbsttätigen Ausrücken des lose auf der Kurbelwelle sitzenden Antriebrades ist eine Art Drehkeilkupplung mit selbsttätiger Bremse, s. a. Abb. 17 und 18. Die Vorrichtung wirkt auf das linke Ende der Kurbelwelle und besteht aus zwei um den Zapfen *g* drehbaren, halbkreisförmigen Bremsbacken *e* und *f*, die sich um den Halsring *h* legen und durch den Schraubenbolzen *l* gelenkig verbunden sind. Eine Kurvenscheibe *i* auf der Exzenterwelle wirkt durch ihren Ausschnitt so auf die Druckrolle des Hebels *k*, daß die Backen zur Anlage kommen und die Kurbelwelle festgehalten wird; der Federbolzen *w* sorgt für gute Auflage der Rolle an der Kurvenscheibe.

Derartige Pressen werden in fünf Größen von 100 bis 430 mm Hub gebaut. Die hier dargestellte hat 320 mm Hub, 760 mm lichte Weite zwischen den Gestellseiten und 127 mm Verstellung des Stößels. Sie kann Hohlgefäße bis zu 152 mm Tiefe bei einfachem und bis zu 203 mm Tiefe bei zweifachem Zug herstellen, sowie Blechscheiben bis zu 510 mm Dmr. aufnehmen. Die Maschine wiegt 5½ t.

Viel Aufmerksamkeit erregte auch eine vollständige Einrichtung zum Herstellen und Füllen von Schuhwichsdosen. Sie bestand aus mehreren Pressen, worauf u. a. Deckel aus schon mit der Firma bedruckten Blechtafeln gestanzt und gebördelt wurden; die Unterteile der Dosen wurden in Längs- und Querreihen auf einen selbsttätig bewegten Tisch gesetzt und selbsttätig aus dem Behälter mit der flüssigen Schuhwichse gefüllt. Auffallend war, daß die Stanzarbeit nicht ganz selbsttätig vor sich ging, daß vielmehr Arbeiterinnen

Abb. 19. Drückbank von Taylor & Challen.

das Blech immer weiterrücken mußten, sobald ein Teil herausgestanzt war.

Erwähnenswert scheint noch eine **Drückbank** für Hohlkörper von Taylor & Challen, Abb. 19 und 20, die mit Vorrichtungen zum Abschneiden und Glätten der Enden roh gezogener Hohlkörper versehen ist. Die aus der Ziehpresse kommenden oder auch neu herzustellenden Hohlkörper werden auf ein ihrer Form angepaßtes, auf den Spindelkopf der Drehbank aufgeschraubtes Futter gesetzt, durch eine Druckplatte am Reitnagel des Reitstockes festgehalten und angepreßt, während das Drücken durch eine Rolle am Vordersupport und das Abschneiden der Enden von zwei **Rundschermessern** an der Hinterseite des Supports bewirkt wird. Auf der Bank können auch kleinere zylindrische Hohlgefäße in gekrümmte oder kegelige Form gedrückt werden. [B 721]

Abb. 20. Drehbank zum Drücken von Hohlkörpern und zum Abschneiden, Härten und Formen der Enden.

a Futter *b* Druckplatte *c* Rundmesser-Support, *d*, *e* Supporte für die Glätt- und Drückrollen, *f* Hebel für die Supportbewegung.

Wiedererstehen der Straßenzölle.

Die Planung von Stammstraßen ausschließlich für Motorfahrzeuge ist, nach „Engineering News-Record" Bd. 93 (1924) Nr. 7, in europäischen Ländern weiter fortgeschritten als in Amerika. England erörtert mehrere Pläne, den bekanntesten die Straße London—Birmingham, 180 km lang, 15,2 m breit, mit Betonpflaster. Wichtiger ist die rd. 88 km lange Kraftfahrstraße in Italien, ebenfalls eine Betonstraße. Beide sind Zollstraßen, durch Privatunternehmer gegründet und betrieben mit Genehmigung, z. T. mit Hilfe der Regierung. Bemerkenswert ist bei diesen Straßen einmal, daß sie Schnellverkehrstraßen sind, mit gepflasterter Fahrbahn, ohne Kreuzungen in Fahrbahnhöhe, und ferner, daß sie gänzlich losgelöst sind von dem bestehenden Wegenetz.

Die neuerdings fertiggestellte Conners-Zollstraße durch die Florida Everglader ist im Gegensatz zu den britischen und italienischen Plänen eine allgemeine Verkehrstraße und keine Schnellverkehrstraße, sie ist jedoch, wie die europäischen eine Privatunternehmung, die unter staatlicher Aufsicht steht, aber auf Erwerb gerichtet ist. [N 2] Bu.

Hebe- und Fördermittel auf der britischen Reichsausstellung in Wembley.

Von R. Woernle, Danzig.

Kurzer kritischer Ueberblick über bemerkenswerte Neuerungen auf dem Gebiete der Elektrokarren, Wippkrane für wagerechten Lastweg, Kopper, Bekohlanlagen, Aufzüge, Seeschiffentladung und Baumaschinen.

Auf der Wembley-Ausstellung war die Hebe- und Fördertechnik, ihrer wirtschaftlichen Bedeutung entsprechend, vielseitig vertreten. Wer die Entwicklung dieses Fachgebietes in England vor 1914 kennt, wird feststellen, daß inzwischen erhebliche Anstrengungen gemacht wurden. Unverkennbar ist der amerikanische Einfluß. Immerhin zeigen sich noch bei der Durchbildung von Krankatzen, Elektrohängebahn-Fahrzeugen, Greifern, mit Druckluft arbeitenden Förderern usw. Konstruktionsformen, die nicht als neuzeitlich anzusprechen sind. Ein ausgestelltes Laufwerk für eine Drahtseil-Schwebebahn sogenannter deutscher Baurat, ausgerüstet mit einem Wagengewichts-Kuppelapparat, erinnerte an eine ältere Bleichertsche Ausführung. Im übrigen beherrscht noch die Einseilbahn, die sogenannte englische Seilbahn, das Feld.

Wippkrane.

Als bemerkenswert sind anzusehen Elektrokarren mit Wippkranen von Ransomes & Rapier, und zwar in zwei verschiedenen Ausführungsformen: nach Abb. 1 mit benzolelektrischem Antrieb in fester Verbindung des Kranes mit dem Karren und nach Abb. 2 mit Akkumulatorenbetrieb und lösbarem Kran, so daß bei dieser Anordnung der Karren auch für sich allein in bekannter Weise verwendbar ist. Die Karren haben trotz des Kranaufbaues eine ausgezeichnete Manövrierfähigkeit und sind sehr zweckmäßig für den Transport und zum Stapeln von Stückgütern in Güterschuppen und Dockanlagen. Die Wippbarkeit ermöglicht große Stapelhöhe und das Durchfahren niedriger Durchgangsprofile.

Zu beachten sind auch die neueren englischen Bestrebungen im Bau von Hafenkranen. Die in englischen Hafenanlagen vorherrschenden beengten Kaiverhältnisse, inbesondere in London, Abb. 3, haben dort von jeher an Stelle des Drehkranes mit starrem Ausleger den Kran mit Wippausleger bevorzugen lassen. Er wird oft unmittelbar an der Speicherwand selbst angeordnet und gestattet das Bestreichen einer ziemlich großen Grundfläche und die Bedienung der Speicherluken einer ausgedehnten Speicherfront. Fahrbare Wippkrane können dicht zusammengestellt werden, ohne daß eine unmittelbare Zusammenstoßgefahr für die Ausleger besteht, wenn auch naturgemäß das Manövrieren solcher Krane besonders bei flottem Betrieb erhebliche Anforderungen an die Geschicklichkeit des Kranführers stellt. In der weiteren Entwicklung dieser Kranform gingen die Engländer dazu über, nicht nur, was nahe liegt, das Auslegergewicht auszugleichen, sondern auch einen wagerechten Lastweg anzustreben, so daß beim Wippen die Last nicht gehoben und der Lastweg infolge seiner wagerechten Bahn für den Kranführer besser übersehbar wird. Derartige Krane, sogenannte „Level Luffing"-Krane, wurden in England

RZ848Z1

Abb. 1. Elektrokarren mit Wippkran und benzolelektrischem Antrieb von Ransomes & Rapier
2 t bei rd. 3 m, 1,25 t bei rd. 4,5 m Ausladung).

RZ848Z2

Abb. 2. Elektrokarren mit lösbarem Wippkran und Akkumulatorenantrieb von Ransomes & Rapier für 750 kg bei 3,6 m Schwenkradius.

RZ848Z3

Abb. 3.
Kaianlage in London, zeigt die beengten Ladeverhältnisse.

Abb. 4 bis 6. Wippkran für wagerechten Lastweg von Babcock & Wilcox.

für Kaizwecke besonders in den letzten zehn Jahren, also während und nach dem Kriege, von einer Reihe von Firmen entwickelt, z. B. von Babcock & Wilcox, Ransomes & Rapier, der Mitchell Conveyor & Transporter Co., Stothert & Pitt u. a. Von den drei erstgenannten Firmen waren Modelle ihrer Krantypen ausgestellt. Abb. 4 bis 10 zeigen Aufbauskizzen und Ausführungsformen derartiger Krane.

Die wagerechte Bewegung der Last beim Wippen wird bei dem Kran von Babcock & Wilcox durch Steuerung eines gelenkig angeordneten Auslegerschnabels erzielt, Abb. 4 bis 7, und zwar mit Hilfe einer Kurve am rückwärtigen Schnabelteil, die sich an Steuerseilen abwälzt. Es handelt sich um eine Art Lenkersystem, bei dem der Lenker *a*, da er nur Zugwirkung erfährt, als Seil ausgebildet ist. Das Seil *a* ist nicht etwa das Haltetau für den Ausleger, wie irrigerweise angenommen werden könnte, und sein etwaiger Bruch führt nicht zum Absturz des Auslegers, sondern nur zu einem Abknicken des Auslegerschnabels. Der Ausleger selbst ist mit Hilfe eines Hebelsystems durch ein Gegengewicht ausgeglichen und die Wippbewegung wird durch einen Zahnbogen *b* eingeleitet. Auch ohne Verwendung einer Steuerkurve am rückwärtigen Ende des Kranschnabels läßt sich, entsprechend älterer englischer Bauart, eine wagerechte Bahn der Schnabelrolle und damit ein wagerechter Lastweg erreichen, wie Abb. 11 und 12 zeigen, bei denen einfache Lenkersysteme (nach Art derjenigen, die bei Indikatoren angewendet werden), und zwar mit voneinander abweichenden Verhältnissen gewählt wurden. Auch bei Durchbildung des Kranschnabels als Winkelhebel läßt sich eine wagerechte Bahn der Schnabelrolle erzielen.

Die Krane von Babcock & Wilcox bieten beim Arbeiten ein fremdartiges, im festländischen Kranbetrieb ungewohntes Bild wegen der vielen beim Wippen bewegten Teile. Es drängt sich der Zweifel auf, ob zur Erzielung des bei Kaikranen üblichen Förderzweckes ein solcher Aufwand gerechtfertigt ist. Man hat den Ein-

Abb. 7. Kaikran für wagerechten Lastweg von Babcock & Wilcox (3 t, wippbar bei 4,5 bis 17 m Ausladung).

Abb. 8 und 9. Wippkran von Ransomes & Rapier.

Abb. 8.

Abb. 10. Wippkran von Mitchell, Patent Watkins.

Abb. 11. **Abb. 12.**

Abb. 11 und **12.** Einfache Lenkersysteme älterer Bauart bei Wippkranen.

druck, als ob es sich mehr um eine Mode als um eine Notwendigkeit handle; jedenfalls scheint ein zwingendes Erfordernis in festländischen Hafenanlagen nicht ohne weiteres gegeben zu sein. Die Frage der Verwendung von „Level Luffing"-Kranen wird man von Fall zu Fall prüfen müssen.

Bei den Kranen von Ransomes & Rapier, Patent Bowtell, Abb. 8 und 9, wird die wagerechte Bewegung der Last beim Wippen dadurch erreicht, daß das Hubseil in Abhängigkeit gebracht wird von der Bewegung des Auslegergegengewichtes. Bei den Kranen von Mitchell, Patent Watkins, wird die Hubwinde mit der Wippwinde derart gekuppelt, daß beim Wippen eine Gegenläufigkeit des Lasttrumes zur Erlangung eines wagerechten Lastweges bewirkt wird, Abb. 10. Die Lage der Wipp- und Hubwinde zum Ausleger ist hierbei an gewisse geometrische Beziehungen gebunden.

Diejenigen Formen von „Level Luffing"-Kranen, bei denen der Ausleger an Seilen hängt und bei denen das Auslegergewicht durch ein auf die Wipptrommel einwirkendes Gegengewicht ausgeglichen wird (vergl. Abb. 8, 9 und 10), haben den Nachteil gegenüber solchen

Abb. 9. Kaikrane für wagerechten Lastweg beim Wippen von Ransomes & Rapier (3 t und 18 m größte Ausladung).

Kranen, bei denen die Wippbewegung und der Gewichtsausgleich durch ein Hebelsystem erzielt ist, Abb. 4 bis 7, daß bei steilstehendem Ausleger und darauf stehendem Wind der Ausleger in eine labile Lage kommt und zurückgeworfen werden kann. Ferner kann bei Bruch des Wippseiles der Ausleger abstürzen. Weiterhin besteht aber bei diesen Anordnungen der Nachteil eines erheblichen Seilverschleißes nicht nur für die Wipp- und Gegengewichtseile, sondern vor allem für die Lastseile, die nicht nur bei ihrer eigentlichen Aufgabe, beim Heben, sondern auch noch beim Wippen einer erheblichen Anzahl von Biegungswechseln unterliegen. So wird geltend gemacht, daß bei dem „Level Luffing"-Kran von Stothert & Pitt[1]), Patent Toplis, der ebenfalls die gekennzeichneten Mängel zeigt, bei flottem Betrieb zuweilen eine allmonatliche Seilauswechslung erforderlich sei.

Erwähnt sei übrigens, daß schon vor langem deutsche Firmen, z. B. die Vorgängerfirmen der Demag, Stuckenholz und Benrath, sich mit der Frage der Erzielung eines wagerechten Lastweges, und zwar bei Schwerlastwippkranen, befaßten und Lösungen schufen. Zur Übertragung dieser Konstruktionen auf Kaikrane, was ohne weiteres möglich gewesen wäre, fehlten bei uns offensichtlich die nötigen Voraussetzungen, nämlich die Notwendigkeit und die Nachfrage. In neuerer Zeit werden von Mohr & Federhaff, Flohr, Demag[2]) u. a. Wippkrane für Kaizwecke mit wagerechtem Lastweg beim Wippen auf den Markt gebracht. Bei dem Wippkran von Mohr & Federhaff ist das Stabsystem des Auslegers ein Ellipsenlenker (vergl. Reuleaux, „Kinematik" Bd. 2 S. 287, und „Fördertechnik und Frachtverkehr" 1923 S. 128).

Kipper.

Die Mitchell Conveyor & Transporter Co., zurzeit wohl die rührigste englische Unternehmung auf dem Gebiete der Hebe- und Fördertechnik, zeigt einen betriebfähigen, für die Bekohlung des Kesselhauses des Palace of Engineering aufgestellten neuartigen Seitenkipper (Niveaukipper), Abb. 13 und 14, dessen eigenartiges Prinzip durch Abb. 15 bis 18 veranschaulicht wird. Der Fortschritt gegenüber amerikanischen Formen von Seitenkippern nach Mac Myler und Hulett besteht darin, daß das Gerüst zur Aufnahme der Rollenzüge und Gegengewichte in Wegfall kommt, die zum Spannen der den Wagen in gekippter Lage haltenden Stützbalken dienen. Der Wagen wird beim Mitchell-Kipper gegen die Endlage hin gleichsam in eine Zange genommen. Zuerst wird der Wagen aber dadurch selbsttätig seitlich abgestützt, daß beim Beginn der Kippbewegung die exzentrisch gelagerte Kippertafel allmählich freigegeben wird, bis die Seitenwand des Wagenkastens an dem stützenden Balkan *a* zur Anlage kommt. Zwischen Kippertafel und Balken *a* ist eine Steuerung eingebaut (in Abb. 15 bis 18 nicht angedeutet), die diesen Balken

[1]) „Shipbuilder" Bd. 22 April 1920; „Engineering" Bd. 117 (1924) S. 768
[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 62.

Abb. 13.

Abb. 14.

Abb. 13 und 14. Seitenkipper der Mitchell Conveyor Transporter Co. Wirkungsweise s. Abb. 15 bis 18.

(in Abb. 15 bis 18 nicht angedeutet), die diesen Balken derart lenkt, daß seine mit einem Hanfseilgeflecht gepolsterte Stirnfläche stets normal zur Kippertafel steht. Wagen verschiedener Breite und Höhe werden auf diese Weise beim Kippen selbsttätig und sicher festgehalten. Gegenüber Seitenkippern, die nach Art der Kreiselwipper arbeiten (VDI-Nachrichten 1924 Nr. 9 und „Iron Age" vom 24. Januar 1924), wie sie auch von Mitchell ausgeführt werden, hat diese neuere Kipperform den Vorzug, daß das Bahnprofil nicht gestört wird. Die Seiten-kippung, die gegenüber der Stirnkippung eine größere Leistungsfähigkeit, insbesondere bei Schiffbeladung, der günstigeren Gleisführung wegen aufweist, und die meist geringere Anlagekosten erfordert, ist bekanntlich in Nordamerika allgemein üblich. Sie wird in Deutschland auch eingeführt werden können, wenn man bei den Bahnwagen an Stelle von Gleitlagern mit Ölschmierung, die das Öl bei Seitenkippung auslaufen lassen, (wohl nicht zu der in Amerika üblichen Fettschmierung, sondern) zu Rollenlagern übergegangen sein wird.

Abb. 15 bis 18. Wirkungsweise des Wagenkippers, Abb. 13 und 14.

Bekohlungsanlagen.

Bemerkenswert ist ferner bei den von Mitchell gebauten Lokomotiv- und Kesselbekohlungsanlagen, die auf der Ausstellung in Bildern dargestellt sind, das Zurücktreten des Becherstranges. Sichtlich bevorzugt wird, auch bei Schiffsbekohlungsanlagen und Einrichtungen für die Entaschung von Lokomotiven, die Gefäßförderung (skip hoist). Bei der Bekohlungsanlage des Kraftwerkes des Palace of Engineering wurde von dieser Firma eine selbsttätige Skipförderung, und zwar in Verbindung mit Bandförderern, angeordnet. Mit Hilfe von Hubkippern (Seitenkippern nach Art derjenigen von Mac Myler und Hulett) wird die Kohle ohne Zwischenförderer in den Hochbehälter von Lokomotivbekohlungsanlagen geschafft. Wir finden in England das gleiche Bestreben, das in den letzten Jahren auch in Deutschland hervorzutreten scheint, nämlich die Verdrängung vielgliedriger stetiger Förderer, insbesondre des Becherstranges, zugunsten der Einzelförderung. So wird bekanntlich der Kohlenbunker im neueren Teil des Kraftwerkes Tiefstack der Hamburgischen Elektrizitätswerke mit Hilfe einer Zahnradbahnstrecke bekohlt, auf der ein 8 t-Selbstentlader die Steilrampe zu den Kesselhausbunkern hinaufklettert (erbaut von der Maschinenbau-A.-G. Tigler, Duisburg-Meiderich), während noch der wenig ältere Bauteil dieses Kraftwerkes mit zwei Bechersträngen, darunter einem Kurvenkonveyor, ausgerüstet wurde. Besonders bei ausgedehnten Becherstranganlagen wird durch die Vielgliedrigkeit, den Verschleiß und den verhältnismäßig großen dauernden Arbeitsaufwand, die Betriebsicherheit und die Wirtschaftlich-

Abb. 19 und 20. Treibscheibenwinden für Aufzüge mit Einrichtung zum genauen Anhalten von Waygood-Otis.

keit in Frage gestellt, wie dieser Hamburger Fall zeigt. Daß auch bei kleinen Anlagen die Gefäßförderung mit dem Becherstrang erfolgreich in Wettbewerb zu treten vermag, zeigt die Kesselbekohlungsanlage der Firma Plouquet in Heidenheim a. d. Brenz, erbaut von der Maschinenfabrik C. Haushahn, Feuerbach-Stuttgart[1]).

Aufzüge.

Auf dem Gebiete der Aufzüge zeigt sich in Wembley der amerikanische Einfluß (Otis, in England vertreten durch die Firma Waygood-Otis) besonders deutlich. Im Palace of Engineering sind betriebfähige Personenaufzüge ausgestellt von den Firmen General Electric Co. und Marryat & Scott sowie von Etchells, Congdon & Muir. Die Firma Waygood-Otis ist durch eine Reihe von Aufzugwinden und durch ein betriebfähiges Aufzugmodell vertreten. Abb. 19 zeigt eine von Waygood-Otis ausgestellte Winde für hohe Fahrgeschwindigkeit (in England zurzeit übliche Höchstgeschwindigkeit etwa 1,5 m/s, in Amerika bei unmittelbarer Kupplung von Motor und Treibscheibe, vergl. Abb. 20, bis zu 4 m/s) mit einer Einrichtung, die ein genaues Anhalten ermöglicht (micro-drive self-levelling lift). Der Gedanke, der dieser Anordnung zugrunde liegt, ist, daß kurz vor dem Einfahren in die Haltestelle der Hubmotor abgeschaltet und gebremst wird. Gleichzeitig wird die Hilfswinde *a* in Tätigkeit gesetzt, treibt durch die als Kupplung gebaute Bremse *b* die Hauptwinde mit geringer Geschwindigkeit an und führt die Kabine bei den verschiedensten Belastungsverhältnissen auf Flurhöhe.

Die Firmen General Electric Co. und Marryat & Scott verwenden im Gegensatz zu den beiden andern Firmen nicht Schneckengetriebe mit unten liegender, sondern mit oben liegender Schnecke, was als Vorzug anzusehen ist.

Gegenüber den bei uns üblichen Trommelwinden fällt die allgemeine Verwendung von Treibscheibenwinden auf. Die gußeisernen Scheiben haben Keilrillen, so daß das Seil in der Rille zur Steigerung der Treibfähigkeit eine Klemmwirkung erfährt. Die Scheiben sind also nicht mit Holz oder Leder gefüttert. Der Umschlingungsbogen beträgt etwa 180°. Nur bei schweren Ausführungen werden zur weiteren Steigerung der Treibfähigkeit unter Verzicht auf die Klemmwirkung Gegenscheiben angeordnet (vgl. Z. Bd. 58 (1914) S. 253). Vorteilhaft bei Verwendung von Treibscheiben für Aufzüge ist, daß die Hubhöhe ihren Einfluß auf die Winde verliert, während bei Winden mit Trommeln diese entsprechend der Hubhöhe bemessen werden müssen. Die Treibscheibe wird leichter als eine Trommel. Ferner wirkt beim Übertreiben die Treibscheibe wie eine Sicherheitsrutschkupplung und schützt vor Brüchen, besonders dann, wenn sich das Gegengewicht beim Übertreiben auf den Boden aufsetzt und die Seile entlastet. Diese Vorzüge sind von der Köpeförderung her bekannt. Von Bedeutung ist auch im Vergleich mit der Trommelwinde der Wegfall von Wanderrollen, die erhöhten Seilverschleiß verursachen, sowie die Möglichkeit, bei gedrängter Konstruktion viele Seile anzuordnen.

Die Aufzüge der General Electric Co. und von Marryat & Scott sowie das Aufzugmodell der Firma Waygood-Otis haben vier Seile. Für Personenaufzüge werden mindestens vier Seile empfohlen, oft werden aber auch sechs und manchmal sogar acht Seile angeordnet. Die Firma Etchells, Congdon & Muir hat ihren nur für eine geringe Last (1 bis 2 Personen) bemessenen Aufzug mit zwei Seilen ausgerüstet.

Die Seilsicherheit auf Zug beträgt 15 bis 30. Sämtliche Aufzugseile waren im Albertschlag (Gleich-, Längsschlag, in England nach dem Wiedererfinder dieses Schlages „Lang's Lay" genannt) und nicht im Kreuzschlag (Ordinary Lay) oder Kabelschlag geflochten. Vieldrähtige Seile aus

Abb. 21. Von der Schiffsluke aus mit Meisterwalze gesteuerte Kaikrane am Manchester Ship Canal. Anordnung Edward Holme Co.

[1]) Vergl. Maschinenbau 1922/23 Seite G. 265.

Abb. 22. Schürfkübelbagger von Ruston & Hornsby.

dünnen Drähten werden für Aufzüge nicht bevorzugt. Die Verwendung verhältnismäßig dickdrähtiger Seile ist möglich, da keine behördlichen Aufzugvorschriften, wie bei uns, auf vieldrähtige Seile mit dünnen Drähten hindrängen. Man neigt zur Anwendung niedriger Drahtzahlen im Seil, z. B. von 6 × 19 = 114, ja sogar von 6 × 12 = 72 Drähten. Ein Seil von 6 × 37 = 222 Drähten, das erfahrungsgemäß im Albertschlag zu Drahtaufdoldungen[1]) neigt, wird also für Aufzugzwecke gleichsam in zwei Seile von je 6 × 19 oder in drei Seile von je 6 × 12 Drähten aufgeteilt. Die Auflösung des Zugorgans in viele Seile mit geringerem Durchmesser, verhältnismäßig niedriger Drahtzahl und verhältnismäßig dicken Drähten, die Verwendung des Albertschlages, die hohe Sicherheit gegen Zug muß als zweckmäßig bezeichnet werden, und zwar aus folgenden Gründen: Mit zunehmender Aufteilung des Zugorgans wächst die der Überwachung zugängliche und die berührende Seiloberfläche. Mit Zunahme der Seilzahl tritt auch die Gefahr eines Seilbruches zurück. Um so leichter wird man über die Unsicherheit der üblichen Fangvorrichtungen hinweggehen können (vergl. Z. Bd. 58 (1914) S. 827 und 1631, Bd. 68 (1924) S. 401). Die Seilsteifigkeit sinkt im Quadrat des Seildurchmessers. Dazu kommt, daß die Steifigkeit des Albertseiles nur etwa ⅔ derjenigen des entsprechenden Seiles im Kreuzschlag oder Kabelschlag ist. Der innere Verschleiß wird also geringer. Eine hohe Sicherheit gegen Zug wird sich besonders günstig auswirken, da die Lebensdauer eines Drahtseiles nicht nur einer linearen Funktion, sondern einer solchen höherer Ordnung der Seilsicherheit folgt. Das Albertseil ist den entsprechenden Seilen in Kreuz- oder Kabelschlag in der Lebensdauer überlegen (vergl. „Maschinenbau" Bd. 3 (1924) S. 765). Die günstigeren Schmiegungsverhältnisse und die daraus folgende geringere spezifische Pressung zwischen Seil und Unterlage, der geringere Oberflächenverschleiß, verglichen mit den beiden andern Schlagarten, läßt besonders im Betrieb von Treibscheibenwinden, wo Seilrutsch und Seilschlupf unvermeidlich sind, den Albertschlag mit verhältnismäßig dicken Drähten vorziehen, und zwar um so mehr, als im vorliegenden Fall die Treibscheiben mit Keilrillen versehen sind, die auf das Seil eine Klemmwirkung ausüben.

Die Führungen der Aufzugkabinen bestehen aus blanken Rundstahlstäben von 60 bis 70 mm Dmr., die von den Messing-Führungsbacken der Kabine zur Hälfte umfaßt werden. Dieser Art von Führung ist meines Erachtens ein besonderer Vorzug nicht zuzuschreiben, verglichen mit den in Deutschland und Amerika üblichen Führungen aus Holz bzw. T-Schienen.

[1]) „Maschinenbau" Bd. 8 (1924) S. 770.

Seeschiffentladung.

Im Ausstellungsstand der Hafenverwaltung von Manchester wird durch ein Modell auf die am Manchester Ship Canal verwendete Fernsteuerung von Hafenkranen hingewiesen. Es handelt sich hierbei um eine eigenartige Neuerung auf dem Gebiete der Seeschiffentladung. In Hafenanlagen, in denen es Brauch ist, aus der Schiffsluke zu arbeiten, müssen durch einen besonderen Mann an der Luke dem Kranführer die nötigen Zeichen gegeben werden, da dieser vom Führerstand des Kranes aus den Arbeitsvorgang im Schiffsraum nicht zu beobachten in der Lage ist. Die von der Edward Holme Co. entwickelte Fernsteuerung ermöglicht, den Kranführer selbst an die Luke zu stellen. Der Kranführer trägt die Meisterwalze an einem Schultergehänge befestigt vor dem Leib, Abb. 21. Eine größere Verbreitung scheint jedoch dieses Vorgehen auch in England bisher nicht gefunden zu haben.

Bagger.

Für die deutschen Bauunternehmungen ist beachtenswert, daß in England neben dem bekannten Löffelbagger auch der sogenannte Drag Line Excavator, Abb. 22, eine in Nordamerika bewährte Grabmaschine, sich das Feld zu erobern beginnt. Die Firma Ruston & Hornsby, die das Modell einer gewaltigen auf Raupenketten laufenden Grabmaschine ausgestellt hat, baut derartige Bagger, deren Name ins Deutsche etwa mit „Schleppschaufelbagger" oder „Schürfkübelbagger" zu übertragen wäre, bis zu etwa 300 t Gewicht, rd. 6 m³ Kübelinhalt, 36,5 m Auslegerlänge (3,8 m³ Kübel bei 49 m Auslegerlänge), 600 PS Maschinenleistung und für 300 m³/h größte Förderleistung. Diese Baggerart bildet ein Universalgerät, das in seiner Wirkungsweise und Verwendungsfähigkeit zwischen den Löffelbagger und den Eimerbagger zu stellen ist und beide oft zu ersetzen in der Lage sein wird. Auch Menck & Hambrock in Hamburg bauen neuerdings solche Schürfkübelbagger. [B 848]

Richard Sarre †.

Am 13. November 1924 ist der Wirkl. Geh. Oberbaurat Richard Sarre in Berlin gestorben. Der Dahingeschiedene war einer der tüchtigsten Eisenbahn-Verwaltungsmänner der Gegenwart. Er war von 1912 bis 1920 Präsident des Eisenbahn-Zentralamts in Berlin, nachdem er schon vorher der Reichsbahndirektion Kattowitz als Präsident vorgestanden hatte. Sein ganz besonderes Verdienst ist es, während und nach dem Kriege für rechtzeitige Vermehrung der Eisenbahnfahrzeuge und Instandhaltung des Oberbaues gesorgt zu haben, so daß nach Beendigung des Krieges der Eisenbahnbetrieb bald wieder in geordnete Bahnen gelenkt werden konnte. Noch vor wenigen Monaten wurde Sarre in den Verwaltungsrat der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft berufen.

Richard Sarre wurde am 25. März 1855 in Spandau geboren, studierte von 1873 bis 1877 auf der Technischen Hochschule in Dresden Bauingenieurwesen. Nach kurzer Tätigkeit im Brückenbau bei der Städtischen Baudeputation in Berlin trat er in den Staatsdienst und war von 1880 bis 1882 beim Bau der Berliner Stadtbahn tätig. Als Regierungsbaumeister und später als Baurat wurde er mit den Vorarbeiten und dem Bau verschiedener Strecken, u. a. auch beim Umbau des Bahnhofs Köln, beschäftigt. Nach seiner Berufung in das Reichsamt für die Verwaltung der Reichseisenbahn 1891 hatte Sarre des öfteren Gelegenheit, sich auch mit maschinentechnischen Fragen erfolgreich zu befassen. Der Verstorbene war bis an sein Lebensende trotz seiner 1920 erfolgten Versetzung in den Ruhestand unermüdlich tätig, und die Reichsbahn konnte bis in die letzte Zeit hinein noch oft sein reiches Wissen in ihren Dienst stellen. Leider bereitet jetzt der Tod der Tätigkeit Sarres als Mitglied des Verwaltungsrates der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft ein vorzeitiges Ende. [N 1028]

Flüssigkeitsbehälter von geringstem Baustoffaufwand.

Von Regierungsbauführer Dipl.-Ing. Stieglitz, Potsdam.

Für walzenförmige, eiserne Flüssigkeitsbehälter mit unveränderlicher und gestaffelter Mantelblechdicke werden Gleichungen angegeben, nach denen man die Behälterabmessungen bestimmen kann, bei denen der Baustoffaufwand am kleinsten wird.

Um das Volumen V einer Flüssigkeit (Benzin, Petroleum, Mineralöl, Wasser) in einem eisernen Behälter aufzubewahren, braucht man eine Eisenmenge E. Es soll untersucht werden, bei welchen Abmessungen walzenförmiger eiserner Flüssigkeitsbehälter das Verhältnis $\frac{E}{V}$ einen Kleinstwert erreicht und damit der Baustoffaufwand am geringsten wird. Zunächst werden offene, sodann geschlossene Behälter untersucht.

Ein offener walzenförmiger Behälter vom Halbmesser r und der Höhe h möge die Manteldicke δ_1 und die Bodendicke δ_2 haben. Dann ist sein Inhalt $V = r^2 \pi h$ und das zu seiner Herstellung erforderliche Eisen, wenn man von Überlappungen der Bleche absieht,

$$E = 2 r \pi h \delta_1 + r^2 \pi \delta_2 .$$

Der Kleinstwert von E wird nach den Regeln der Differentialrechnung ermittelt. Der Einfluß der Randwinkel und etwaiger Aussteifungen möge vernachlässigt werden. Rechnet man für die Überlappung der Bleche an den Stößen oder für Laschen 10 vH hinzu, so tritt sowohl zur Eisenmenge des Mantels als auch zur Bodenfläche der Faktor 1,1 hinzu, der bei der Differentiation verschwindet und daher auf die Formgebung des Behälters keinen Einfluß hat. Setzt man $h = \frac{V}{r^2 \pi}$ in die Formel für E ein, differenziert E nach r und setzt $\frac{dE}{dr} = 0$, so erhält man schließlich

$$r = \sqrt[3]{\frac{V \delta_1}{\pi \delta_2}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1).$$

Diese Formel ist für den Entwurf eines walzenförmigen Behälters, der eine bestimmte Flüssigkeitsmenge V fassen soll, praktisch anwendbar und liefert den Halbmesser r, wenn man die Mantelblechdicke δ_1 und die Bodenblechdicke δ_2 annimmt.

Beispiel: Ein offener Wasserbehälter von 600 m³ Inhalt ist zu entwerfen. Die Bodenblechdicke wird zu 6 mm und die Mantelblechdicke zu 5 mm angenommen.

$$r = \sqrt[3]{\frac{600 \cdot 5}{6 \pi}} = \sim 5{,}4 \text{ m}$$

$$h = \frac{V}{r^2 \pi} = 6{,}5 \text{ m}.$$

Um das geringste Eisengewicht zu erreichen, muß im vorliegenden Falle der Behälter einen Durchmesser von 10,8 m und eine Höhe von 6,5 m erhalten.

Um die Abhängigkeit des Halbmessers von der Höhe zu finden, ersetzen wir in Gl. (1) V durch $r^2 \pi h$ und erhalten

$$\frac{r}{h} = \frac{\delta_1}{\delta_2} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2).$$

d. h. beim walzenförmigen Behälter vom geringsten Baustoffaufwand mit gleichbleibender Manteldicke verhält sich der Halbmesser zur Höhe wie die Manteldicke zur Bodendicke.

Geschlossene Flüssigkeitsbehälter erhalten meist ein kugelhaubenförmiges Dach mit einem Stich f etwa gleich einem Zehntel bis einem Zwölftel der Spannweite, das durch ein Gesparre nach Art einer Schwedlerkuppel getragen wird, dessen Gewicht je nach der Spannweite und Festigkeit zwischen 12 und 30 kg/m² der Grundfläche schwankt. Auch für solche Behälter kommen die Gl. (1) und (2) in Betracht.

Ist δ_3 die Deckendicke und f der Stich der Kugelhaube, zu einem Zehntel der Spannweite angenommen, so ist der Eisenbedarf für die Dachhaut

$$(r^2 + f^2) \pi \delta_3 = \left[r^2 + \left(\frac{1}{5} r \right)^2 \right] \pi \delta_3 = 1{,}04\, r^2 \pi \delta_3 .$$

Das Gewicht des Gesparres in kg/m² der Grundfläche rechnet man zweckmäßig in Blechdicke δ_4 in Millimetern um, wobei man wegen der Ungenauigkeit des Walzens der Blechdicken für Bleche ein spezifisches Gewicht $\gamma = 8$ statt 7,85 annimmt; z. B. entspricht ein Gesparre von 24 kg/m² Gewicht einer Blechdicke $\delta_4 = \frac{24}{8} = 3$ mm.

Beispiel: Es soll ein geschlossener Petroleumbehälter von 500 m³ entworfen werden. Gewählt: Dachblechdicke $\delta_3 = 3$ mm, Gesparregewicht geschätzt zu 16 kg/m²; $\delta_4 = \frac{16}{8} = 2$ mm, Bodenblechdicke $\delta_2 = 5$ mm, Wanddicke $\delta_1 = 6$ mm.

Der Eisenblechbedarf E ist

$$\begin{aligned} E &= 2 r \pi h \delta_1 + r^2 \pi (\delta_2 + 1{,}04\, \delta_3 + \delta_4) \\ &= 2 r \pi h \cdot 6 + r^2 \pi (5 + 1{,}04 \cdot 3 + 2) \\ &= r \pi h \cdot 6 + r^2 \pi \cdot 10{,}12 . \end{aligned}$$

Gl. (1) liefert

$$r = \sqrt[3]{\frac{500 \cdot 6}{\pi \cdot 10{,}12}} = 4{,}55 \text{ m},$$

$$h = r \frac{10{,}12}{6} = 7{,}7 \text{ m}.$$

Die Berechnung der Wanddicke eines walzenförmigen eisernen Behälters erfolgt nach der bekannten Gleichung

$$\delta = \frac{r h \gamma}{z \sigma},$$

worin γ das spezifische Gewicht der aufzubewahrenden Flüssigkeit, σ die zulässige Beanspruchung und z das Güteverhältnis für eine senkrechte Nietnaht bedeuten (d. i. das Verhältnis des durch Nietlöcher geschwächten Blechquerschnittes zum ungeschwächten Querschnitt; es beträgt für zweireihige Überlappungsnietung etwa 73 vH, für dreireihige Überlappungsnietung und Doppellaschen etwa 80 vH, für geschweifte Laschen 90 vH und darüber).

Beispielsweise erhält man für einen Petroleumbehälter von $r = 8$ m Halbmesser und $h = 10$ m Höhe bei $\gamma = 800$ kg/m³ Raumgewicht des Petroleums, 73 vH Nahtfestigkeit und $\sigma = 1200$ kg/cm² zulässiger Beanspruchung oder $12 \cdot 10^6$ kg/m² eine Manteldicke

$$\delta_1 = \frac{8 \cdot 10 \cdot 800}{0{,}73 \cdot 12 \cdot 10^6} = 0{,}0073 \text{ m} = 7{,}3 \text{ mm}.$$

Um δ in Millimetern zu erhalten, wenn man γ in kg/m³, σ in kg/cm² und r und h in m einsetzt, lautet die Gleichung

$$\delta = \frac{r h \gamma}{10 z \sigma} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

Um den Behälter wasserdicht verstemmen zu können, verwendet man für Mantel und Boden Bleche nicht unter 5 mm Dicke; damit wird die Festigkeit der Mantelbleche bei kleineren Behältern unter 1000 m³ Inhalt meist nicht voll ausgenutzt. Beispielweise würden für einen Wasserbehälter von 600 m³ Inhalt mit 6 mm Bodendicke und 5 mm Manteldicke die günstigsten Abmessungen $r = 5{,}4$ m und $h = 6{,}5$ m sein, und es würde bei einem Güteverhältnis der Hochnaht $z = 0{,}73$ schon 4 mm Wanddicke genügen.

Entsprechend dem mit der Tiefe zunehmenden Wasserdruck wachsen auch nach Gl. (3) die erforderlichen Blechdicken. Bei größeren Behältern (über 1000 m³ Inhalt) werden daher wegen der Baustoffersparnis die Blechdicken der einzelnen Schüsse stufenförmig nach unten zunehmend gestaffelt. Im folgenden soll der Eisenbedarf für solche Behälter untersucht werden, deren Mantelblechdicken in den einzelnen Schüssen den Festigkeitserfordernissen angepaßt sind.

Wir betrachten zunächst einen Behälter vom Halbmesser r und der Höhe h, der oben die Wanddicke null und unten die Wanddicke $\delta_1 = \frac{r h \gamma}{10 z \sigma}$ haben möge. Sein Inhalt ist $V = r^2 \pi h$, der Eisenbedarf E:

$$E = r^2 \pi \delta_2 + 2 r \pi h \frac{r h \gamma}{2 \cdot 10 z \sigma}.$$

Setzt man $r^2 \pi = \frac{V}{h}$, so wird

$$E = \frac{V \delta_2}{h} + V h \frac{\gamma}{10 z \sigma}.$$

Differenziert man E nach h und setzt $\frac{dE}{dh} = 0$, so erhält man schließlich

$$h = \sqrt{\frac{10 z \sigma \delta_2}{\gamma}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4).$$

Da ein Behälter praktisch nicht ausführbar ist, dessen Mantelblechdicke von null an linear mit der Tiefe zunimmt, wählt man für die obersten Schüsse eine gleichbleibende Blechdicke, $s_0 = 5$ bis 6 mm, die nach der Gl. (3) bis zu $h_0 = \frac{10 s_0 z \sigma}{\gamma r}$ ausreicht. Zur Eisenmenge des Mantels $\frac{V h \gamma}{10 z \sigma}$ tritt daher zunächst der Gegenkegel R_0 von der Höhe h_0 mit dem in Abb. 1 schraffierten Querschnitt, und zwar ist die Eisenmenge von R_0

$$2 r \pi \frac{s_0 h_0}{2} = \frac{10 z \sigma}{\gamma} \pi s_0^2.$$

Da R_0 nicht von r oder h abhängt, ist die Eisenmenge des Gegenkegels unveränderlich und fällt daher bei der Differentiation von E fort. Von der Tiefe h_0 ab staffelt man die Mantelblechdicken um Δs_1, Δs_2 usw., die zwischen 1 und 3 mm schwanken, und erhält dadurch Schüsse von der Höhe

$$\Delta h_1 = \frac{10 \Delta s_1 z \sigma}{\gamma r}, \quad \Delta h_2 = \frac{10 \Delta s_2 z \sigma}{\gamma r}$$

usw. und die Zusatzringe R_1, R_2 vom Querschnitt

$$\frac{\Delta s_1 \Delta h_1}{2}, \quad \frac{\Delta s_2 \Delta h_2}{2},$$

deren Eisenmenge

$$R_1 + R_2 + \cdots = \frac{10 z \sigma \pi}{\gamma} (\Delta s_1^2 + \Delta s_2^2 + \cdots)$$

ist.

Bei veränderlichem r oder h weicht nun die Eisenmenge der Summe aller Zusatzringe so wenig von einander ab, daß man ihren Einfluß bei der Ermittlung des Kleinstwertes von E außer acht lassen kann. Der Fehler wird um so geringer, je mehr Schüsse man annimmt und je kleiner man Δs wählt. Mithin gilt Gl. (4) auch für Behälter mit gestaffelten Manteldicken.

Die Anwendung der Gl. (4) mögen einige Beispiele zeigen.

1. Beispiel: Es soll ein Behälter für 2000 m³ Mineralöl von $\gamma = 960$ kg/m³ Raumgewicht entworfen werden. Annahmen: Güteverhältnis der Hochnaht $z = 0{,}75$, $\sigma = 1200$ kg/cm²,

Gesparre (28 kg/m² der Grundfläche)	= 3,5 mm
Dachblech, 3 · 1,04	= 3,12 „
Bodenblech	= 7,0 „
	δ_2 = 13,62 mm

$$h = \sqrt{\frac{10 \cdot 0{,}75 \cdot 1200 \cdot 13{,}62}{960}} = 11{,}3 \text{ m}$$

$$r = \sqrt{\frac{2000}{\pi \cdot 11{,}3}} = 7{,}5 \text{ m}.$$

Die Blechdicke im untersten Schuß beträgt:

$$\delta_1 = \frac{7{,}5 \cdot 11{,}3 \cdot 960}{10 \cdot 0{,}75 \cdot 1200} = 9 \text{ mm}.$$

Die Aufteilung der Höhe in die einzelnen Schüsse dürfte am zweckmäßigsten nach Abb. 2 erfolgen.

2. Beispiel: Es ist ein Petroleumbehälter von 1100 m³ Inhalt zu entwerfen. Annahmen: Güteverhältnis der Hochnaht $z = 0{,}73$, $\sigma = 1200$ kg/cm², $\gamma = 800$ kg/m³.

Bodenblech	= 5 mm
Dachblech 2,5 · 1,04	= 2,6 „
Gesparre 16 kg/m²	= 2,0 „
	δ_2 = 9,6 mm

$$h = \sqrt{\frac{10 \cdot 0{,}73 \cdot 1200 \cdot 9{,}6}{800}} = 10{,}2 \text{ m}$$

$$r = \sqrt{\frac{1100}{\pi \cdot 10{,}2}} = 5{,}85 \text{ m}.$$

Die Blechdicke im untersten Schuß beträgt:

$$\delta_1 = \frac{5{,}85 \cdot 10{,}2 \cdot 800}{0{,}73 \cdot 1200} = 5{,}5 \text{ mm}.$$

Sieht man von einer Staffelung der Blechdicken ab und führt den Mantel in der ganzen Höhe mit 5,5 mm Dicke aus, so gilt für diesen Fall auch Gl. (1)

$$\frac{r}{h} = \frac{\delta_1}{\delta_2} \quad \text{d. h.} \quad \frac{5{,}5}{9{,}6} \sim \frac{5{,}85}{10{,}2}.$$

Aus dem Aufbau der Gl. (4) ergeben sich einige beachtenswerte Gesetzmäßigkeiten: Die Höhe des Behälters von geringstem Baustoffaufwand ist nur abhängig von der Wahl der Boden- und Dachblechdicken und vom Gesparregewicht, nicht aber vom Fassungsvermögen. Mithin müssen alle größeren Behälter, für die gleiche Boden- und Dachblechdicken gewählt werden und für die man gleiches Gesparregewicht annehmen kann, gleiche Höhen erhalten. Sieht man vom Gewicht der bereits erwähnten Zusatzringe R ab, so ergibt sich beim Behälter vom geringsten Baustoffaufwand die Tatsache, daß der Mantel ebensoviel wiegt wie Dach und Boden zusammen.

Bei Behälterdächern von größerer Spannweite (zwischen 15 bis 30 m) ist das Gesparregewicht für das Quadratmeter Grundfläche nahezu unveränderlich. Vernachlässigt man wieder den geringen Einfluß der Zusatzringe R auf das Gesamtgewicht und nimmt man für verschiedene Behälter gleiche Bodenblech- und Dachblechdicken an, so folgt weiter aus Gl. (4), daß das Einheitsgewicht in kg Eisen für den m³ aufzubewahrende Flüssigkeit bei verschieden großen Behältern nahezu gleich ist.

Denn $E = \frac{V \delta_2}{h} + V h \frac{\gamma}{10 z \sigma}$ und $\frac{E}{V}$ geben für unveränderliches h ebenfalls einen Festwert.

Es ergibt sich nunmehr bei der Normung des Behälterbaues die dankbare Aufgabe, die niedrigsten Einheitsgewichte, die nicht mehr unterschritten werden können, unter Zugrundelegung verschiedener Bodenblech-, Dachblech- und Festigkeitsannahmen festzustellen. Grob überschläglich ergibt sich das Mindesteinheitsgewicht in kg/m³

$$\frac{E}{V} = \frac{2 \gamma}{z \sigma} h \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5),$$

Abb. 1. Abb. 2. Abb. 3.

Abb. 1 bis 3. Einteilung der Behälterhöhe bei Staffelung der Blechdicke.

worin für h die nach Gl. (4) ermittelte Höhe in m einzusetzen ist. Gl. (5) wurde unter folgenden Voraussetzungen gefunden:

Nimmt man an, die Mantelhöhe h werde nach Abb. 3 in acht Schüsse aufgeteilt, von denen die obersten drei nicht mehr gestaffelt werden, so macht der in Abb. 3 schraffierte Querschnitt der Zusatzringe $R\ \frac{14}{64}$ oder 22 vH vom Dreieckquerschnitt für $\frac{\delta h}{2}$ aus. Rechnet man ferner 6 vH für den Querschnitt der Randwinkel hinzu, so erhält man für die Eisenmenge des Mantels einschließlich der 22 + 6 = 28 vH Zuschlag $E = \frac{1{,}28\,V\gamma}{10\,z\,\sigma}$.

Fügt man ferner zum Mantel, Boden und Dach 7 vH für Überlappungen und Laschen und 3 vH für Nietköpfe und Schrauben, zusammen 10 vH hinzu und vervielfacht alles mit dem spezifischen Gewicht des Eisens $\gamma_e \sim 8$, so erhält man

$$\frac{E}{V} = 1{,}10 \cdot 8 \left(\frac{\delta_2}{h} + \frac{1{,}28\,h\,\gamma}{10\,z\,\sigma}\right)$$

und unter Einsetzen der Gl. (4)

$$\frac{E}{V} = \frac{2\,\gamma}{z\,\sigma}\,h.$$

Ergibt sich beispielweise für einen Petroleumbehälter von 1500 m³ nach Gl. (4) $h = 10$ m, so wiegt er ungefähr bei $z = 0{,}73$ und $\sigma = 1200$

$$\frac{E}{V} = \frac{2 \cdot 800}{10 \cdot 0{,}73 \cdot 1200} \cdot 10 = 18{,}3 \text{ kg/m}^3$$

oder insgesamt 27,4 t.

Es genügt, die Höhe des Behälters in der Nähe der nach Gl. (4) ermittelten Höhe zu wählen, da sich die Werte von $\frac{E}{V}$ in der Nähe des Kleinstwertes nur wenig ändern. Um zu erkennen, welchem Gesetz das Einheitsgewicht bei veränderlicher Höhe folgt, ist $\frac{E}{V}$ für einen Wasserbehälter ($\gamma = 1000$ kg/m³) von 5000 m³ Inhalt aufgetragen worden, Abb. 4. Dabei sind an der Hand eines ausgeführten Beispieles folgende Annahmen gemacht worden:

Bodenblechdicke	= 8	mm
Dachbleche 3 · 1,04	= 3,12	„
Gesparre 28 kg/m³	= 3,5	„
	= 14,62	mm

Güteverhältnis der senkrechten Naht $z = 0{,}80$, zulässige Beanspruchung $\sigma = 1200$ kg/m², Randwinkel oben 80 · 80 · 10, unten 120 · 120 · 11, Manteldicke oben 5 mm; zu allem für Überlappungen und Nieten 10 vH Zuschlag.

Abb. 4. Einheitsgewicht in kg/m³ für einen Behälter von 5000 m³ Inhalt bei veränderlicher Höhe.

Das niedrigste Einheitsgewicht ergibt sich zu 23,95 kg/m³ bei 12 m Höhe. Da der Behälter bei der Ausführung nur 8 m Höhe erhalten hatte, so hätten

$$5000 \cdot (25{,}66 - 23{,}95) \sim 8500 \text{ kg}$$

oder 7 vH des Gesamtgewichtes gespart werden können. [B 771]

Nachmessen von Zahnrädern für Schiffsgetriebe.

In „Werft — Reederei — Hafen" vom 7. November berichtet Dr. G. Bauer über eine Versuchseinrichtung zur Feststellung von Teilungsfehlern bei Zahnrädern für Schiffsgetriebe, Abb. 1.

Abb. 1. Einrichtung zur Feststellung von Teilungsfehlern bei Zahnrädern für Schiffsgetriebe.

Das aufzumessende Rad a wird dabei durch das Meßritzel b gedreht. Eine volle Umdrehung des Ritzels b entspricht dabei einer Drehung des Rades um den Winkel φ. Es ist wichtig für die Messung, daß das Ritzel genau eine Umdrehung macht. Hierzu hat man auf dem Ritzel einen Spiegel c angebracht, der die Einstellung des Festpunktes A mit dem Fernrohr d sehr genau ermöglicht. Die entsprechende Verdrehung des Rades und damit ein Vielfaches der Zahnteilung wird mit dem Theodolit e an der Skala f gemessen. Wählt man die Zähnezahlen von Rad und Ritzel so, daß erst nach einer größeren Zahl von Umläufen der Räder dieselben Zähne ineinandergreifen, so kann man auf diese Weise die Teilung an einer hinreichend großen Stellenzahl nachprüfen, so daß man über die Genauigkeit der Zahnteilung eine weitgehende Übersicht gewinnt. Dr. Bauer zeigt noch an einigen Rädern, wie die Herstellung der Vulcangetriebe im Lauf der Jahre verfeinert worden ist, und macht Angaben über die harmonischen Schwingungen, die durch Teilungsfehler angeregt werden können. [M 895]

Umbau amerikanischer Dampfschiffe in Motorschiffe.

Der Kongreß der Vereinigten Staaten von Amerika hat vor längerer Zeit 25 Mil. $ für den Umbau von Dampfern in Motorschiffe bewilligt und das Schiffahrtamt hat darauf den Umbau von 18 ihrer Dampfer in Motorschiffe bei acht verschiedenen Firmen in Auftrag gegeben, um die amerikanische Schiffsmotorenindustrie zu beleben. 13 Schiffe erhalten einfachwirkende und 5 doppeltwirkende Dieselmotoren zum Preise von 87,5 $/PS bzw. 76 $/PS oder insgesamt 4 350 000 $. [N 1]

CHRONIK 1924.

(Fortsetzung von Seite 51.)

Eisenbahnwesen.

Das Jahr 1924 ist für die deutschen Eisenbahnen besonders wichtig gewesen; denn es brachte die Weiterführung und schließlich die Beendigung des Ruhrkampfes und die Überführung der Deutschen Reichsbahn in eine neue Form.

Die Wirtschaftslage der Reichbahn war das ganze Jahr hindurch sehr ernst und ist es noch. Allerdings ist die Loslösung der Reichsbahn aus dem allgemeinen Reichshaushalt mit Erfolg durchgeführt worden. Die Reichsbahn hat aber, auf sich selbst gestellt und nicht mehr durch die Notenpresse gestützt, in Verbindung mit der Umstellung des gesamten deutschen Wirtschaftslebens auf die Rentenmark sehr schwierige Zeiten durchgemacht; sie mußte Schulden aufnehmen und mußte zur Deckung der laufenden Betriebskosten und zur Abdeckung der dringendsten Verbindlichkeiten die Bevölkerung mit sehr hohen Tarifen belasten. Sie ist hierfür selbstverständlich von den Wirtschaftskreisen heftig angegriffen worden, aber die Entwicklung hat dieser harten Politik doch recht gegeben: die Reichsbahn hat ihre Schulden größtenteils zurückzahlen können, hat die Einnahmen zu den Ausgaben in ein angemessenes Verhältnis bringen, die Betriebsziffer (den Betriebskoeffizienten) ganz erheblich senken und sogar in Gestalt von Vorräten ein gewisses „Betriebskapital" sicherstellen können.

So hart die Belastung des wirtschaftlichen und kulturellen Lebens durch die starken Tariferhöhungen gewesen ist, so muß man doch bei näherer Prüfung der Finanzverhältnisse der Deutschen Reichsbahn ihre Berechtigung zugeben.

Dawes-Gutachten und Bildung der neuen Reichsbahn-Gesellschaft Der außerordentliche Wert, den die deutschen Reichsbahnen darstellen, macht es erklärlich, daß sie an erster Stelle zur Deckung der Kriegsverpflichtungen herangezogen wurden. Nach unsäglich schwierigen Verhandlungen ist die neue Reichsbahn-Gesellschaft schließlich doch noch in einer Form zustande gekommen, die dem deutschen Volk einen weitgehenden Einfluß läßt. Die oberste Behörde, der Verwaltungsrat, ist allerdings international zusammengesetzt; er besteht aus 18 Mitgliedern, von denen je neun vom Deutschen Reich und von dem Treuhänder ernannt werden; der Treuhänder hat aber, den Anregungen des Dawes-Gutachtens folgend, fünf Deutsche berufen, und die vier Ausländer sind so hervorragende Vertreter des Verkehrswesens und des Wirtschaftslebens, daß ein befriedigendes Zusammenarbeiten bestimmt erhofft werden kann.

Die Lasten sind allerdings sehr drückend; denn es müssen nach gewissen Erleichterungen in den ersten drei Jahren vom vierten Reparationsjahr ab mindestens 950 Millionen Goldmark von der Reichsbahn aufgebracht werden. Dazu tritt die Zinsenlast aus den Vorzugsaktien, die die Gesellschaft außerdem noch wird begeben müssen; denn zur Senkung der Betriebskosten sind Erweiterungen und Verbesserungen dringend nötig. Trotzdem die finanzielle Belastung außerordentlich hoch ist, muß doch mit aller Macht nach einer Senkung der Tarife gestrebt werden, damit das wirtschaftliche Leben wieder in Fluß kommt!

Diesen schwierigen Aufgaben gegenüber, die vom Verwaltungsrat und der nunmehrigen Hauptverwaltung gemeistert werden müssen, sind aber zwei glückverheißende Umstände zu bemerken: Die Regie, die auf dem wichtigsten Wirtschaftsgebiet Deutschlands so schwer gelastet hat, ist nun beseitigt; Deutschland ist im Eisenbahnwesen an Ruhr und Rhein — abgesehen von der Besatzung — wieder selbständig, und damit ist zu hoffen, daß hier das Wirtschaftsleben wieder in Fluß kommt, und es regt sich allenthalben wieder der fortschrittliche Geist. All die Kräfte, die durch Krieg und Revolution solange gefesselt waren, beginnen sich zu entfalten; auf allen Gebieten des Eisenbahnwesens sind die Geister an der Arbeit, um die Fortschritte der Technik dem großen Unternehmen nutzbar zu machen; es herrscht ein gewaltiger Schaffens-, Forschungs- und Fortbildungsdrang; allenthalben verliert das Schlagwort an Boden, gewinnt der sachliche Ernst an Bedeutung; die Eisenbahntechnische Tagung und die Ausstellung in Seddin haben gezeigt, was deutscher Geist zu leisten vermag und haben den deutschen Namen auch wieder im Ausland zu Ehren gebracht. [N 856] Blum.

Eisenbahn-Maschinenwesen.

Reichsbahn-Gesellschaft Die auf Grund des Dawesplanes gegründete Reichseisenbahn-Gesellschaft mußte zunächst strengste Sparsamkeit walten lassen, um die erforderlichen großen Summen abführen zu können. Da ein reichlicher Bestand von Fahrzeugen vorhanden war, konnten Neubestellungen stark beschränkt werden, was aber die Industrie in eine sehr schwere Lage versetzte. Dies bildete aber zugleich einen Ansporn, sich durch neuere wirtschaftlichere Lokomotivformen Bestellungen zu sichern. Dieses Streben deckt sich auch völlig mit den Wünschen der Reichsbahnverwaltung, die erforderlichen Überschüsse nicht durch Sparsamkeit allein, sondern hauptsächlich durch wirtschaftliche Betriebführung zu erreichen. Zusammengefaßt waren diese Bestrebungen in der vom Verein deutscher Ingenieure im Zusammenarbeiten mit der Reichsbahn im September veranstalteten Eisenbahntechnischen Tagung[1]) und der Ausstellung in Seddin. Sie gaben ein getreues Bild der heutigen Bestrebungen im deutschen Eisenbahnwesen.

Lokomotiven Die Stephensonsche Lokomotivform schreitet in ruhiger Weiterentwicklung zu immer größeren Einheiten vor. Von den neuen Einheitsbauarten der Reichsbahn waren jedoch die 2 C 1- und 1 E-Lokomotiven noch im Bau. Die Turbolokomotive von Krupp wurde in Leerfahrten vorgeführt, und Betriebsergebnisse liegen noch nicht vor. Lokomotiven mit Verbrennungsmotoren waren in großer Zahl ausgestellt mit Leistungen bis zu 400 PS. Die verschiedensten Übertragungsarten wie Zahnräder, Flüssigkeitsgetriebe und Druckgas waren vertreten. Die russische 5 7 gekuppelte Diesellokomotive mit elektrischer Übertragung konnte leider nicht ausgestellt werden. Am 4. bis 6. November d. J. wurde die Maschine auf dem Eßlinger Prüfstand einem Kreis von Fachleuten vorgeführt, wobei sie über 1000 PS am Radumfang und einen Gesamtwirkungsgrad bis zu 26 vH ergab. Sie ist inzwischen in Rußland in Betrieb genommen worden. Zwei Lokomotiven mit Sauggasbetrieb waren ebenfalls ausgestellt.

Triebwagen Verbrennungstriebwagen für Haupt- und Nebenbahnen finden das lebhafte Interesse der Fabriken und Bahnen, weil sie ebenfalls die Wirtschaftlichkeit des Bahnbetriebes durch häufigere Verkehrsgelegenheit steigern. Hier beherrscht der schnellaufende Vergasermotor mit Zahnradgetriebe das Feld.

Güterwagen Die Erkenntnis, daß Massentransporte nur durch Großgüterwagen wirtschaftlich bewältigt werden können, hat fast alle Firmen zur Schaffung von 50 t-Selbstentladern veranlaßt. Eine wirtschaftliche Ausnutzung der Bahnhofanlagen erfordert aber Beschleunigung des Wagenumlaufs nicht nur durch Verkürzung der Lösch- und Ladezeit, sondern auch durch größere Fahrgeschwindigkeit und schnellere Erledigung des Verschiebedienstes. In diesem Sinne wirkt die Einführung unsrer Kunze-Knorr-Güterzugbremse, die im nächsten Jahre durchgeführt sein wird, und die Einführung einer selbsttätigen Mittelkupplung. Durch letztere Maßregel würde die Zugbildung wesentlich schneller und gefahrloser werden. Eine Verstärkung der Puffer ist mit einer Erhöhung der Ladegewichte wegen der Vergrößerung der vom Puffer aufzunehmenden Stoßenergie unbedingt erforderlich. Die Ausbildung der neuen Pufferbauart ist noch in lebhafter Entwicklung begriffen.

Personenwagen Auch bei den Personenwagen mußten die Puffer geändert werden, damit die beim schnellen Bremsen langer Züge auftretenden Schwingungen mit Sicherheit gedämpft werden können. Hierzu dienen die Reibungspuffer, von denen ebenfalls eine große Zahl verschiedener Bauarten besteht. Da bei hoher Fahrgeschwindigkeit die Reibungsziffer zwischen Rad und Klotz gering ist, wurde zum Verkürzen der Bremswege der Bremsdruck bis auf das 1,8fache des Raddrucks gesteigert. Hierdurch entstehen übermäßig schwere Bremsgestänge, die sogar eine Verstärkung des Rahmengestells erforderten. Es mag zweifelhaft sein, ob die hiermit verbundene Erhöhung des Wagengewichts wirtschaftlich gerechtfertigt ist. Im übrigen hat ja die Einführung des eisernen Wagenkastens eine Gewichtverminderung gebracht. Jedoch scheint es möglich, in dieser Richtung noch weiter zu gehen und z. B. die Drehgestelle leichter zu halten oder sie durch Lenkachsen zu ersetzen, die bezüglich ruhigen Laufens den Drehgestellwagen gleichgestellt werden können. Im allgemeinen kann mit Befriedigung festgestellt werden, daß die früher rein handwerksmäßige Konstruktion des Wagens mehr und mehr einem auf wissenschaftliche Grundlage gestellten Entwurf weicht.

Ausland Auch das Ausland ist in der Schaffung neuer Lokomotivformen nicht untätig gewesen. In der Britischen Reichsausstellung war eine große von der Nord-Britischen Lokomotiv-Gesellschaft gebaute Turbolokomotive der Bauart Reid Mac-Leod ausgestellt, über deren Bauart und Leistungen jedoch nichts bekannt geworden ist. Eine 1 C 1-Thermolokomotive von 1000 PS baut Kitson & Co. in Leeds nach der Bauart Still; auch Schneider & Cie. in Le Creuzot bauen eine Still-Lokomotive für Tunis. [N 986] F. Meineke.

[1]) Vollständiger Bericht in dem demnächst erscheinenden Sonderheft dieser Zeitschrift, Berlin 1925, V.d.I.-Verlag; s. a. Z. Bd. 68 (1924) Nr. 52

Kraftfahrzeuge.

Ein Rückblick auf das Kraftfahrwesen im Jahre 1924, der erste seit der Festigung der deutschen Mark, ergibt im allgemeinen ein befriedigendes Bild; an vielen Stellen findet man Anzeichen dafür, daß die Tätigkeit auf technischem wie auf wirtschaftlichem Gebiet wieder einen festen, sicheren Boden erlangt hat, der es aussichtsvoll erscheinen läßt, Verbesserungen auf längere Sicht vorzubereiten. Beweis dafür sind nicht nur die Zusammenschlüsse der Fabriken zum Zweck der Verminderung der Typenzahl, sondern vor allem auch Neukonstruktionen aller Art, die das in den letzten zehn Jahren Versäumte nachholen sollen.

Technische Fortschritte Als die wichtigsten technischen Fortschritte im Gebiet des Kraftfahrwesens darf man zunächst die Arbeiten an Drossel- und Lademotoren ansehen, deren letztes Ziel darin besteht, die Fahrzeugmaschine in bezug auf ihr nutzbares Drehmoment so weit veränderlich zu machen, daß man, wenn auch vielleicht nicht ganz, so doch vorwiegend ohne Schalten des Getriebes auskommen kann. Auch die Bedeutung dieser Versuche für schnellfahrende schwere Omnibusse mit ihren hohen Anfahrwiderständen sowie für die Entwicklung des billigen Kraftwagens und für den Betrieb der Fahrzeugmaschinen mit schweren Brennstoffen darf man nicht unterschätzen. Gerade diese Verfahren scheinen geeignet, die Zukunft kleiner, sehr schnell laufender Fahrzeugmaschinen zu sichern, zu deren Bau die Steuergesetzgebung europäischer Staaten die Konstrukteure im Gegensatz zu den amerikanischen gedrängt hat und deren Vorteile in bezug auf geringes Eigengewicht und geringen spezifischen Brennstoffverbrauch nicht zu verachten sind.

In der Entwicklung der Vierradbremsen, worin uns allerdings das Ausland weit voraus ist, hat man in der letzten Zeit gute Fortschritte gemacht; die allgemeine Einführung dieser Bremsenbauart wird aber vor allem davon abhängen, daß man die gesetzlichen Vorschriften über die Ausrüstung der Fahrzeuge mit Bremsen sinngemäß weiterbildet und die Verwendung der Vierradbremse nicht unter allen Umständen von einer Vermehrung der Bremseinrichtungen über das vorgeschriebene Maß hinaus abhängig macht. Bei den schweren Kraftwagen hat die Vierradbremsung besondere Aussichten in Verbindung mit Hilfseinrichtungen, welche die zum Betätigen der Bremsen notwendige Kraft verringern. Am einfachsten scheint hier das Verfahren der mechanischen Hilfe, obgleich auch im Gebiet der hydraulischen und der Betätigung mit Druckluft aussichtsvolle Vorschläge bekannt geworden sind.

Von den besonderen Fortschritten, die der Bau von schweren Kraftwagen gemacht hat, ist neben der Weiterentwicklung des Kardanantriebes bis zu den höchsten Nutzlasten und bis zu den Dreiachswagen der Bau von Untergestellen mit tiefliegendem Rahmen zu erwähnen, die vor allem für den Omnibusverkehr in Großstädten wichtig sind. Die wirtschaftliche Zukunft des Lastkraftwagenverkehrs im Inlande und die sparsame Verwertung unsrer Kohlenvorräte haben ferner die neuesten Erfolge im Bau von Ölmaschinen für den Fahrzeugantrieb stark gefestigt. Soweit man nach dem Ergebnis der Ausstellungen im Ausland urteilen kann, scheinen die Versuche bei uns in dieser Hinsicht am weitesten gelangt zu sein.

Statistik Nach dem Ergebnis der amtlichen Zählung vom 1. Juli 1924 hat das abgelaufene Jahr auch im Bestand an Kraftfahrzeugen einen wesentlichen Fortschritt gemacht. Die Gesamtzahl, die in diesem Jahr mit Ausschluß der Kleinkrafträder unter 0,75 PS Steuerleistung festgestellt worden ist, hat sich gegenüber der letzten Zählung um 80 239 oder 38 vH gesteigert. Setzt man die Gesamtzahl an Kraftfahrzeugen vom Jahr 1914 gleich eins, so beträgt sie in Deutschland im Jahr 1924 nur 2,8, während sie sich in Staaten wie Frankreich, Italien und Spanien schon auf 4.4 bis 6.1 und in Amerika und Kanada auf etwa zehn gesteigert hat. Auffallend ist, daß die Zunahme gegenüber dem Friedensbestand in England noch etwas geringer als in Deutschland ist.

Verkehr In der Öffentlichkeit beginnt man der Anpassung der Verkehrsverhältnisse an die steigende Zahl von Kraftfahrzeugen erfreulicherweise große Beachtung zu schenken. Dabei hat sich wohl allgemein schon die Ansicht durchgesetzt, daß diese Anpassung nur in der Richtung einer Beschleunigung und nicht einer Hemmung des Straßenverkehrs möglich ist, da es darauf ankommt, die Leistungsfähigkeit der Straße zu erhöhen, deren Breite vorläufig gegeben ist. In diesem Sinne darf man wohl auch in absehbarer Zeit bei uns Erleichterungen der Beschränkungen erwarten, denen der Kraftverkehr noch heute unterliegt. Auch im Ausland hat man ähnliche Schritte schon eingeleitet. Daß daneben auch ernstliche Vorbereitungen getroffen werden, um den Bau für den Kraftwagenverkehr geeigneter Landstraßen zu fördern, darf man nach der Begründung der Studiengesellschaft für Automobil-Straßenbau mit Zuversicht erwarten. Allem Anscheine nach ist die Entwicklung von Überlandverbindungen für Personen und Güter als Ersatz und als Zubringer für die Gleisverbindungen ein besonders aussichtsvolles Gebiet für den Absatz von Kraftwagen, das sich unsre Industrie gegebenenfalls in enger Zusammenarbeit mit Eisenbahn und Reichspost durch Vorbereitung weitgehend normalisierter und deshalb billig herstellbarer Typen sichern müßte.

Im Zusammenhang hiermit scheint auch die Verwendung von Luftreifen für schwere Fahrzeuge günstige Aussichten zu bieten. Versuche dieser Art haben seit einigen Jahren im Inland wie im Ausland günstige Ergebnisse geliefert. Beispielsweise hat man im Pariser Omnibusverkehr festgestellt, daß wohl die kilometrischen Reifenkosten bei Verwendung von Luftreifen etwa doppelt so hoch wie bei Verwendung von Vollgummireifen sind, daß aber der Unterschied gegenüber Vollreifen durch die Ersparnis der Ausbesserkosten für die Wagen reichlich aufgewogen wird und außerdem die Straßenoberfläche beim Fahren mit Luftreifen wesentlich weniger leidet. Einen Omnibus mit Luftreifen muß man danach im Mittel erst nach 120 000 km Wegleistung, einen Omnibus mit Vollreifen dagegen schon nach etwa 61 000 km vollständig überholen.

Auslandeinfuhr Über die Gefahren, die unsrer Industrie in der Zukunft durch Überschwemmung des Inlandmarktes mit billigen ausländischen Erzeugnissen drohen, denkt man wohl heute, nachdem die Ausstellung mit bedeutendem geschäftlichen Erfolg für die Fabriken geschlossen haben soll und die Auslandeinfuhr voraussichtlich nicht sofort freigegeben werden dürfte, etwas weniger ängstlich. In den meisten größeren Fabriken sind heute umfangreiche Vorbereitungen für betriebliche Umstellungen im Gange, wonach man damit rechnen kann, daß sich unsre Industrie in kurzer Zeit diejenigen Vorteile gesichert haben wird, die mit Berücksichtigung unsrer Absatzverhältnisse von der Verbesserung des Werkstattbetriebes zu erwarten sind. Den Vorsprung im Preis, den dann das Ausland noch behält, wird wohl leicht, wie schon vor dem Kriege, die Güte des Erzeugnisses und das bekannte Entgegenkommen für die Wünsche des Abnehmers aufwiegen können.

[N 1034] A. Heller.

Luftfahrt.

Politische Einflüsse Die für die Entwicklung der deutschen Luftfahrt hemmenden „Begriffsbestimmungen" sind trotz der Bemühungen der Reichsregierung, eine Aufhebung zu erlangen, ungemildert in Kraft geblieben. Frankreich mißachtet die Deutschland auferlegten Verpflichtungen. Über deutschem Hoheitsgebiet verkehren den Begriffsbestimmungen widersprechende Flugzeuge der Compagnie Internationale de Navigation Aérienne. Infolge der deutschen Abbaumaßnahmen wurde die Reichsstelle für Luftfahrwesen in die Abteilung für Wasserstraßen des Reichsverkehrsministeriums verlegt.

Luftfahrzeugbau Einige neue Flugzeugmuster wurden gebaut. Auf der III. Internationalen Aeronautischen Ausstellung in Prag fanden die deutschen Erzeugnisse die gebührende Beachtung. Die mit deutschen Flugzeugwerken zusammenhängenden ausländischen Werke, und zwar S. A. I. Costruzioni Meccaniche Pisa und die Rohrbach Metal Aeroplane-Company, Kopenhagen, hatten Erfolge, die in der ganzen Welt beachtet wurden. Das früher schon erprobte Dornier-Eindecker-Flugboot Wal, versehen mit zwei Motoren von 300 PS, hat viele Reisen zurückgelegt, die über viele 100 km offene See geführt haben. Dem Rohrbach-Eindecker-Flugboot mit zwei 450 PS-Rolls-Royce-Motoren gelangen Höchstleistungen mit 500 kg Nutzlast über 1000 km Flugstrecke bei 153,5 km/h Geschwindigkeit.

Beachtenswert sind die Leistungen der kleinsten Flugzeuge, die sich als Segelflugzeuge mit Hilfsmotor entwickelt haben. Der Segelflieger Botsch führte auf einem Kleinflugzeug der Bahnbedarf A.-G., Darmstadt, mit einem englischen Motor von rd. 700 cm^3 Hubvolumen einen Überlandflug Darmstadt-Berlin aus.

Der Luftschiffbau hat in den Fahrten des LZ 126 sein hohes Können erwiesen[1]). Nur zu früh mußte man die über verschiedene deutsche Gebiete und die Schweiz führenden Probefahrten des LZ 126 abbrechen, um das für die Marine der Vereinigten Staaten von Nordamerika bestimmte Luftschiff seinem Bestimmungsort zuzuführen. Die Fahrt Friedrichshafen—Lakehurst von rd. 82 Stunden unter Führung von Dr. Eckener am 12. Oktober d. J. wurde vom deutschen Volk mit ungeteilter Aufnahme verfolgt. Die Wetterlage bot der Schiffsführung die Gelegenheit, zu zeigen, was ein neuzeitiges Luftschiff durch geeignete Begegnung und Ausnutzung der Windströmungen vermag. Ungeahnt warmherzig war die Aufnahme in den Vereinigten Staaten. Die gelungene Fahrt hat dazu beigetragen, die Verbindungen der beiden Völker wieder herzlicher zu gestalten.

Motorenbau Die Motorenindustrie wird im kommenden Jahr einige dringend nötige deutsche Motorenmuster herausbringen. Ein ausgezeichneter Erfolg waren die Leistungen des 400 PS-Maybach-Luftschiffmotors, der seine Aufgaben bestens erfüllte.

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 529 und 1154.

Luftverkehr Von der Deutschen Aero-Lloyd-A.-G., die in Verbindung mit der englischen Hire Ltd. und der Deutsch-Russischen Luftverkehrs-Gesellschaft steht, wurden auf rd. 5210 Flügen bei einer gesamten Flugstrecke von 877 000 km 6650 Reisende, über 42 600 kg Fracht und 8380 kg Post und Zeitungen befördert. Im europäischen flugplanmäßigen Verkehrsdienst der mit der Junkers-Luftverkehr-A.-G. vereinigten Gesellschaften wurden von Junkers-Flugzeugen im Zeitraum April bis Oktober 1924 rd. 5740 Flüge durchgeführt und dabei über 12 600 Reisende und über 83 750 kg Fracht und Gepäck sowie rd. 14 200 kg Post befördert und gegen 1 333 000 km zurückgelegt. Von Mitte August ab wurde von dieser Gesellschaft auf der Strecke Berlin-Stockholm ein Nachtflugverkehr eingerichtet. Zum ersten Male haben wir in diesem Jahre auch einen regelmäßigen Luftverkehr im Winter, und zwar auf den Strecken: London-Berlin-Königsberg-Wien-Frankfurt und Berlin-Dresden.

Motorloser Flug Auch in diesem Jahr wurde der motorlose Flug durch Wettbewerbe, wovon die auf der Kurischen Nehrung und die alljährlich in der Rhön stattfindenden hervorzuheben sind, gefördert. Wie zu erwarten war, konnten die Höchstleistungen nicht gesteigert werden. Die Bestrebungen, durch den Bau von Segelflugzeugen Erfahrungen für die durch Motoren angetriebenen Flugzeuge zu gewinnen, verdienen kräftige Unterstützung.

Wissenschaft Die Untersuchungen der von Prof. Dr.-Ing. eh. Prandtl geleiteten Aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen haben vielversprechend auf den Bau von Segelschiffen eingewirkt. Die Kräfte, die auf schnellumlaufende Zylinder im Luftstrom wirken, sind von den Mitarbeitern Prandtls eingehend untersucht und von Flettner auf dessen Walzenschiff „Buckau“ zum ersten Male nutzbar gemacht. Dieser neue Schiffsantrieb verspricht Erfolg, obwohl die Steuerung eines solchen Schiffes nicht in allen Lagen den Erfahrungen der Jahrhunderte alten Entwicklung der Segelschiffe entspricht. [N 997]

Wilh. Hoff.

Schiff- und Schiffsmaschinenbau.

Allgemeine wirtschaftliche Lage Frachtraumüberschuß im Welthandel, Einwanderungsbeschwerung in den Vereinigten Staaten und hohe Steuern belasteten im vergangenen Jahre die deutsche Schiffahrt, die im Wettbewerb mit den durch Hilfsgelder unterstützten ausländischen Reedereien schwer zu kämpfen hatte und aus diesen Gründen mit dem weiteren Wiederaufbau der deutschen Flotte aus eigenen Mitteln zurückhielt. Die Beschäftigung der deutschen Werften war daher bis auf wenige Ausnahmen schlecht.

Das Motorschiff Für die aus der Reichsentschädigung gebauten Schiffe war aus verschiedenen Gründen der Dampfmaschinenantrieb der Gegebene; in letzter Zeit hat sich demgegenüber das Motorschiff dem Dampfschiff wirtschaftlich überlegen gezeigt, so daß heute den deutschen Werften fast ausschließlich Motorschiffe — auch vielfach vom Ausland — in Auftrag gegeben werden, und man kann beobachten, daß von den Verfrachtern die schnelleren Schiffe bevorzugt werden. Die Folge sind Motorschiffe mit Geschwindigkeiten, wie sie früher bei Frachtschiffen im allgemeinen nicht üblich waren.

Erhöhung der Wirtschaftlichkeit Um anderseits an Brennstoff zu sparen, hat man den zum Teil schon seit Jahren bekannten Erfindungen, die Brennstoffersparnisse anstreben, erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt.

So sind die Leitschrauben von Wagner und Haß bei verschiedenen Schiffen erprobt worden, wobei man überraschend hohe Ersparnisse bis zu reichlich 20 vH gefunden haben will und gelegentlich auch die leicht vorauszusetzende Gefährdung der seitlichen Leitschaufeln festgestellt hat. Ferner ist das Flettnerruder zu nennen, das eine Steuermaschine unnötig macht und auf verschiedenen Schiffen erprobt worden ist. Auch Selbststeuereinrichtungen sind verschiedentlich eingebaut worden, wodurch das Schiff besser als vom Rudergänger in Kurs gehalten wird.

Aufsehen hat zu Ende des Jahres das Vorgehen von Anton Flettner erregt, der die aerodynamischen Erkenntnisse einer Reihe von Forschern, darunter hauptsächlich von Prantl, für den Schiffsantrieb verwendet hat[1]). Bei den verschiedenen Probefahrten des Versuchsschiffes „Buckau“, zu denen weite Kreise geladen waren, herrschten leider nur geringe Windstärken. Trotzdem konnte durch verschiedene wohlgelungene Segelmanöver das vorzügliche Arbeiten der Anlage gezeigt werden. Heute ist man dabei, das von Prandtl entdeckte Einströmen der Luft von unten und oben in das Niederdruckgebiet der Walzen noch mehr als bisher zu unterbinden.

Ob sich die Erwartungen des Erfinders hinsichtlich der Ausnutzung der Windkraft zu Land und zu Wasser, die er in der Schiffahrt-Zeitung vom 8. November 1924 bekannt gibt, erfüllen werden, müssen die nächsten Jahre lehren. Die Unstetigkeit des Windes und seine oft nur geringe Energie, bezogen auf die Flächeneinheit, erschweren die Ausnutzung in dem heut erwünschten Maße ganz außerordentlich.

Die im Linienverkehr erwünschte gleichbleibende hohe Reisegeschwindigkeit läßt sich voraussichtlich nur durch ausreichende Maschinenkraft neben der Flettneranlage erreichen. Allerdings ist die leichte Bedienungsmöglichkeit der Flettnerwalzen im Vergleich zu Segeln ein Vorteil, dessen Tragweite nicht zu unterschätzen ist.

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 9.

Das Motorschiff für Fahrgastverkehr Wie die Motoren für große schnelle Motorschiffe für den Fahrgastverkehr zu wählen sind, war im letzten Jahr eine Streitfrage. Die einen sehen in der Entwickelung zum doppeltwirkenden Zweitaktmotor das Gegebene, dem nach ihrer Ansicht schließlich eine ähnliche überragende Stellung beschieden ist wie früher der Mehrfachexpansionsmaschine. Von andrer Seite entwickelt man den schnellaufenden leichten Dieselmotor, der in ähnlicher Ausführung in U-Booten erprobt worden ist. Mehrere solcher Maschineneinheiten arbeiten dann über hydraulische Kupplungen und Zahnradgetriebe paarweise oder zu vieren auf je eine Welle. Solch eine Maschinenanlage ist im vergangenen Jahr von den Vulcan-Werken, Hamburg, in dem für eigene Rechnung fahrenden Motorschiff „Vulcan“ erprobt worden und hat sich vorzüglich bewährt[2]).

In letzter Zeit ist eine größere Anzahl von Motorschiffen in Deutschland fertig gestellt worden, darunter die Fahrgastmotorschiffe „Monte Sarmiento“ der Hamburg-Südamerikanischen D.-G. (Bauwerft Blohm & Voß, Hamburg) sowie „Rio Panuco“ und „Rio Bravo“ der Ocean-Linie (Germaniawerft, Kiel). Ein großer Teil der auf deutschen Werften in Bau befindlichen Motorschiffe wird für Rechnung des Auslandes gebaut.

Kammereinrichtungen Die Fahrgasteinrichtungen hat man in letzter Zeit dadurch wesentlich verbessert, daß man in der ersten Klasse mehr und mehr zur Einmannkammer mit natürlicher Beleuchtung übergegangen ist und die Einrichtungen der dritten Klasse weitgehend ausgebaut hat.

Sicherheitseinrichtungen Im Mai 1924 hat eine zweite internationale Schiffahrtkonferenz in London stattgefunden, an der auch Deutschland beteiligt war. Bei dieser Gelegenheit wurde unter anderm über die seit der Titanic-Konferenz schwebenden Fragen der Rettungsapparate, Tiefladelinie und Schotteneinteilung auf Fahrgastschiffen verhandelt und festgestellt, daß man die durch internationale Übereinkunft nach dem Titanic-Untergang für große Fahrgastschiffe festgelegten Bestimmungen für die Sicherheit des menschlichen Lebens auf See als zu weitgehend und zum Teil veraltet ansieht. Unter Berücksichtigung der neuen Ansichten haben deutsche Fahrgastschiffe, darunter „Deutschland“ und „Albert Ballin“ zum Teil Rettungsboote erhalten, die mit Funkentelegraphie und Motoren ausgerüstet sind. Der englische Board of Trade hat neue Vorschriften ausgearbeitet, auf die wir in Z. Bd. 68 (1924) S. 1105 hingewiesen haben.

Binnenschiffahrt Auf dem Rhein wurde der erste auf einer deutschen Werft gebaute Seitenradschlepper mit Turbinenantrieb, „Dortrecht“, von der Mannheimer Maschinenbau-A.-G. gebaut. Eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit von Kesselanlagen kleinerer Dampfer hat man durch den Turbobläser, Bauart Haß, erreicht. [N 1032]

W. Schmidt.

Elektrisches Nachrichtenwesen.

Fernsprechtechnik An die Stelle der alten Handämter sind in steigendem Maße Selbstanschlußämter getreten, die die Verbindung zwischen den Fernsprechteilnehmern selbsttätig herstellen.

Das Fernkabelnetz mit vieladrigen, papierisolierten Bleikabeln, mit Pupinspulen und Verstärkereinrichtungen wird weiter ausgebaut; es wurden wieder Kabel mit 150 bis 250 Sprechkreisen verlegt, im ganzen mehr als 1000 km; die Zahl der Verstärkerämter stieg über 30.

Die Güte der Kabel wurde erhöht teils durch genauere Herstellung, teils durch den Einbau von Ausgleichmitteln, die die gegenseitige Störung der Sprechkreise verhindern. Die Güte der übertragenen Sprache wurde ebenfalls gesteigert, und zwar teils dadurch, daß man den Verstärkereinrichtungen und den Endapparaten entzerrende Eigenschaften gab, teils durch Schaltungen, die elektrische Reflektionen (Echowirkungen) unschädlich machen.

Die Einführung der Oxydkathodenröhren in den Betrieb der Fernkabelverstärkerämter brachte erhebliche wirtschaftliche und betriebliche Vereinfachungen.

Ein neues Fernsprechkabel wurde durch den Bodensee verlegt. Hand in Hand mit dem Ausbau des Fernkabelnetzes geht ein Abbau der oberirdischen Fernleitungen.

Auch im Betriebe von Freileitungen bewähren sich Verstärkereinrichtungen, weil sie unter ungestörten Verhältnissen die Reichweiten erhöhen, und weil sie einen Verkehr mit viel dünneren und darum billigeren Leitungen ermöglichen als unverstärkte Verbindungen.

[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 763 u. 1082.

Auf der diesjährigen internationalen Fernsprechkonferenz in Paris zur Regelung des europäischen Fernsprechweitverkehrs war Deutschland vertreten.

Telegraphie Die Telegraphie auf große Entfernungen spielt sich zum Teil noch auf dem unterirdischen Netz ab, das nach 1871 im Reich verlegt worden ist, aber jetzt verfällt. Ein neues Netz zu bauen ist nicht nötig, nachdem es gelungen ist, eine neue Telegraphierweise in den Betrieb einzuführen: die Mehrfach-Wechselstromtelegraphie; sie benutzt Wechselströme von der Stärke und der Frequenz der Fernsprechströme und wird darum in den Fernkabeln betrieben. Durch Anwendung von Verstärkerröhren und von den vordem für die Zwecke des Drahtfunks durchgebildeten Siebketten ist diese Telegraphierweise jetzt so weit durchgebildet, daß auf einer Linie sechs Schnelltelegraphenapparate gleichzeitig ungestört betrieben werden. Die Ausrüstung der Ämter mit Mehrfach-Wechselstromtelegraphie hat in diesem Jahre begonnen.

Für die Herstellung eines neuen Seekabels für Schnelltelegraphie wurden alle kabel- und gerätetechnischen Vorarbeiten in diesem Jahre durchgeführt.

Funkentelegraphie Der Unterhaltungsrundfunk hat in diesem Jahr eine große Verbreitung gefunden. Neun Großstädte sind mit Sendern für diesen Zweck ausgerüstet worden, und die Zahl der Rundfunkteilnehmer hat nahezu eine halbe Million erreicht. Im Zusammenhang mit diesem Aufschwung ist der Gerätebau vervollkommnet worden, was sich besonders in der Entwicklung der Oxydkathodenröhren (Sparröhren) und der Lautsprecher zeigt.

Der Betrieb des Reichsfunknetzes ist zugunsten des Rundfunks stark eingeschränkt worden. Die Betriebseinrichtungen sind namentlich in der Richtung vervollkommnet worden, daß ein relaismäßiger Übergang vom Leitungsbetrieb auf den drahtlosen und umgekehrt durchgeführt wird. [N 998] F. Kiebitz.

Brücken- und Baukonstruktionen.

Allgemeines Von den für das Bauwesen in der vorjährigen Chronik ausgesprochenen Hoffnungen haben sich nur wenige erfüllt. Am Ende des Jahres 1924 stehen wir jedoch infolge der Klärung der außenpolitischen Verhältnisse wenigstens mit stärkeren Gründen als im Vorjahre vor der Aussicht auf Besserung der bauwirtschaftlichen Zukunft. Im Jahre 1924 hat auf dem Bauwesen zunächst ein ungewöhnlich strenger Winter schwer gelastet, der auf einer meiner Baustellen im Osten Berlins noch am 12. April mit $-3\,^{\circ}C$ die Wiederaufnahme der Außenarbeiten zurückhielt, und dann die gesteigerte Geldnot, die verhinderte, daß dringende Bauten in Angriff genommen wurden. Alle Industrieunternehmungen brauchten die spärlichen Geldmittel zur Aufrechterhaltung ihrer Betriebe. Im weiteren Verlaufe des Jahres sind trotzdem auf allen Gebieten des Bauwesens Entwürfe über Entwürfe bearbeitet worden, so daß alle Konstruktionsbureaus sowohl im Eisen- wie im Eisenbetonbau mit Arbeit überlastet waren. Zu entsprechenden Ausführungen ist es vorerst nur in sehr wenigen Fällen gekommen. Immerhin ist das ein Zeichen dafür, daß, sobald sich die Geldnot bessert, der Aufschwung im Bauwesen eintritt. Zur Vollendung gebracht sind infolge der ganzen Lage nur solche Bauten, die bereits früher in Angriff genommen waren und deren Fertigstellung unter allen Umständen vom Betriebe gefordert werden mußte. Dies gilt sowohl von den öffentlichen Bauten wie von denen für die Privatindustrie.

Eisenbau Wie viele Industrien im sonstigen Wirtschaftsleben sieht auch das Bauwesen in der Reichsbahn die Retterin aus der Not. Die Eisenbahntechnische Tagung und Ausstellung im September v. J. in Berlin war ein Trost in dieser Zeit. Der technische Fortschritt, dem sie galt, reißt auch die Bautechnik mit sich. Die Reichsbahn hat durch Einführung der Großgüterwagen die Achslasten der Lokomotiven auf 25 t erhöht und geht nunmehr mit Nachdruck an die Verstärkung und Auswechslung der eisernen Brücken[1]) heran; sie empfiehlt und erstrebt hierbei auch die Verwendung hochwertigen Baustahles. Das sind Anregungen, wofür das Bauwesen dankbar sein muß und die den Stillstand vorläufig zu beseitigen ermöglichen. Die von Berlin ausgehenden Strecken nach Leipzig, Magdeburg und Hannover sind bereits in der Umwandlung begriffen, ebenso die der Berliner Stadtbahn, und sollen in wenigen Monaten umgebaut sein. Beachtenswert ist der Neubau der Elbbrücke bei Hämerten, der Eisenbahnbrücke bei Wittenberg, Mainbrücke bei Klein-Auheim, Emsbrücke bei Weener, Lippebrücke bei Haltern. In Dessau wird eine eiserne Lokomotivwerkstätte in Angriff genommen. Auch die Freihafenbrücke über die Elbe bei Hamburg ist von der Stadt in Auftrag gegeben.

Infolgedessen ist der Eisenbau in der letzten Zeit besser beschäftigt. Freilich wird über gedrückte Preise geklagt, und man sieht sich auch trotzdem noch weit von ausreichender Beschäftigung entfernt, weil auf dem Gebiete der privaten Ausführungen und aus dem Auslande die Aufträge nur spärlich kommen.

Zu erwähnen ist schließlich nur die in Berlin ausgeführte neue Automobilhalle[2]) von 47 m Spannweite, die gegenüber der alten errichtet ist und den Vorzug hat, daß man die Eisenkonstruktion nicht wie bei dieser verhüllt — die Tagespresse hält die alte für eine Betonhalle —, sondern sie offen in ansprechender Linienführung und Formgebung durchgebildet hat. Als Ergänzung dieser für Meßzwecke geschaffenen Anlage ist daneben eine dritte Halle aus Holz gebaut, wo die Konstruktion so ummantelt und geformt ist, daß man sie für einen schwer belasteten Eisenbetonbau halten kann. Die Vorherrschaft der Architekten ist an der Scheinarchitektur schuld, obwohl mit der neuen Automobilhalle bewiesen ist, daß sich ein solcher Bau fast ebenso schnell, sicher aber schöner und echter in Eisen schaffen läßt.

Eisenbetonbau Im verflossenen Jahre hat wie beim Eisenbau, die allgemeinere Einführung des hochwertigen Baustahls, die Herstellung und Verwendung von hochwertigem Portlandzement begonnen. Anfang 1924 war im Gegensatz zum Auslande von der Herstellung solcher Zemente mit bestimmten Festigkeitseigenschaften noch nicht viel die Rede. Erst die eingehenden Verhandlungen im Deutschen Betonverein haben die Zementindustrie veranlaßt, die Erzeugung solcher Zemente aufzunehmen. Inzwischen ist im deutschen Eisenbetonbau der hochwertige Zement viel und mit Erfolg verarbeitet worden und hat den Erwartungen entsprochen. Die Vorteile bestehen in Ersparnissen an Dicke der Bauteile, Herstellungszeit, Rüstung und Schalung. Letztere vergrößern sich durch schnellere und häufigere Wiederverwendung der hölzernen Gerüste, deren hohe Preise einen wichtigen Faktor in den Kostenanschlägen bilden. In Verbindung mit der Verwendung hochwertigen Baustahles stehen weitere Fortschritte unmittelbar bevor.

Eine andre Neuerung ist sodann die umfangreiche Anwendung des Gußbetons. So sind die Arbeiten für die Fischereidoppelschleuse in Geestemünde, für die Innkraftwerke der Bayerischen Aluminiumwerke bei Töping, ferner für die Schwarzenbach-Talsperre[3]) im Schwarzwald nach diesem Verfahren mit gutem Erfolge durchgeführt, und es steht zu erwarten, daß sich, wo irgend angebracht, das Gießverfahren bei uns einbürgert.

Erwähnenswert ist die Vollendung des Hochhauses in Düsseldorf und eines Hochhauses in Köln, die beide in Eisenbeton ausgeführt worden sind. In dem Bericht über die Hauptversammlung des Deutschen Betonvereins[4]) findet die vorstehende Darstellung eine entsprechende Ergänzung.

Wissenschaftliche Arbeiten Aus den nämlichen Gründen, wie in der vorjährigen Chronik angegeben, ist auch im verflossenen Jahre die wissenschaftliche Arbeit namentlich auf dem Gebiete des Eisenbetonbaues aus Geldmangel nicht weiter vorwärts gekommen. Die vom Ausschuß für Versuche im Eisenbauverband im vorjährigen Bericht angeführten Arbeiten wurden trotzdem in bedeutsamem Umfange gefördert. Insbesondere ist hier zu erwähnen, daß es endlich gelungen ist, die Knickspannungslinie für Bauwerkflußeisen im plastischen Bereich zu ermitteln. Außerdem sind Versuche zur Einführung teilweise eingespannter Träger im Deckenbau durchgeführt. Hierüber und über weitere Versuche ist anläßlich der Tagung des Deutschen Eisenbau-Verbandes in Stuttgart Näheres berichtet[5]). Gegen Jahresende sind noch Versuche mit abgebauten Überbauten der Eisenbahnbrücke über die Oder bei Küstrin, die vor etwa 60 Jahren mit Gitterträgern hergestellt worden sind, vorgenommen, die lehrreiche, noch der Veröffentlichung entgegensehende Ergebnisse gezeitigt haben. [N 1003] Karl Bernhard.

Erd- und Wasserbau.

Allgemeines Die Nachwirkungen des Währungsverfalls waren im Baujahr 1924 noch stark fühlbar, da die Geldmittel im Haushaltplan von Reich, Ländern, Gemeinden usw. zumeist schon 1923 bereitgestellt werden mußten und die Stützung der Rentenmark besondre Sparsamkeit und tiefgreifende Krediteinschränkung forderte. Immerhin besserte sich die Lage im Laufe des Jahres ganz wesentlich. Große Streiks kamen nicht vor, Kohle und Baustoffe waren verfügbar. So ist denn das Gesamtbild viel freundlicher als vor einem Jahre.

Fluß- und Kanalbauten, Binnenhäfen, Wasserkraftwerke Der Regulierungsentwurf für den Oberrhein oberhalb Breisach liegt der Zentralkommission in Straßburg vor. Die Donauschleuse bei Passau ist fast vollendet, Wehr und Kraftwerk zur Hälfte. Die Mainstufe bei Vierath ist fertig, die Neckarstufen bei Neckarsulm und Wieblingen sind fast fertig. Die Vöhrenbachtalsperre (Donau) in auf-

[1]) s. das demnächst erscheinende Sonderheft für Eisenbahnwesen dieser Zeitschrift.

[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1298 u. f.
[3]) ebenda S. 718 u. f.
[4]) ebenda S. 476.
[5]) ebenda S. 1251.

gelöster Bauweise und die Schwarzenbachtalsperre (Murg) sind etwa halb fertig.

An den norddeutschen Kanälen sind die Schleusenergänzungsbauten bei Hüntel, Münster und Dankersen nahezu vollendet, bei Ruhrort weit gefördert, am Lippeseitenkanal ist eine begonnen, drei weitere sind in Vorbereitung, an der Verlängerung des Ems-Weser-Kanals bei Anderten ist eine Schleuse begonnen, eine in Vorbereitung. Der Mittellandkanal ruht sonst noch.

Am Oder-Spree-Kanal bei Fürstenberg sind die Erdarbeiten für die Gründung der Doppelschachtschleuse im Gange; das Hebewerk bei Niederfinow am Hohenzollernkanal wird 1925 begonnen werden. Die Erweiterung des Hunte-Ems-Kanals samt Schleuse für 600 t-Schiffe auf Oldenburger Gebiet ist fast fertig, die Verlängerung auf preußischem Gebiet nach Kampe als Entwässerungskanal in Angriff genommen, ebenso die letzte Neubaustrecke des Lippe-Seitenkanals. Über die Finanzierung der Weser-Kanalisierung Bremen-Minden wird verhandelt.

Das Wasserkraftwerk „Am letzten Heller" und die Diemeltalsperre sind in Betrieb genommen, Thüringen will die Bleilochtalsperre an der Saale (215 Mill. m³) ausbauen. Die Queistalsperre bei Goldentraum wird z. Zt. gefüllt. Für das Staubecken Ottmachau schweben die Finanzierungsverhandlungen. An der kanalisierten Oder ist das Kraftwerk Janowitz im Betrieb, Koppen vor der Vollendung; weitere Pläne schweben.

Die untere Oder ist, nachdem der hochwasserfreie Abschluß der Ost- und Westoder bei Schwedt durchgeführt, die Schleuse bei Nipperwiese und das Wehr bei Niedersaaten vollendet sind, in lebhafter Umbildung begriffen, die sich durch Senkungen bis über Küstrin hinaus bemerkbar macht.

Das Staubecken der Rega bei Lietzow ist in Betrieb genommen. Die Arbeiten am Oberpregel sind am Stichkanal nach Insterburg und an der Schleuse Gerzuhnen weit gefördert. Der Masurische Kanal ruht.

Eine große Zahl von Wasserkraftwerken außer den genannten sind fertiggestellt, noch im Bau oder in Vorbereitung. Die Verschiebung des Wertes der Wasserkraft im Verhältnis zur Wärmekraft macht wegen der hohen Ausbaukosten der teuern Verzinsung und der sinkenden Kohlenkosten große Vorsicht nötig.

Von Häfen sei nur Köln-Niehl genannt, wo das 800 m lange Vorbecken mit Kaimauer und Speicher gebaut ist, und Berlin, das seinen Westhafen erweitert, sowie der Elbeschutzhafen bei Schandau.

Seebauten, Seehäfen Die Zufahrten nach Emden, Bremerhaven und Hamburg sind durch Nachbaggerungen und Strombauwerke wieder hergestellt, die nach Leer, Bremen, Stettin und Königsberg durch Begradigungen, Verbreiterungen und Vertiefungen in der Verbesserung begriffen. Über den neuen Königsberger Hafen ist in dieser Zeitschrift ausführlich berichtet[1]).

Die Doppelschleuse des Fischereihafens Geestemünde ist vollendet, der Deichschluß wird 1925 erfolgen. Der Sylter Damm wird von beiden Seiten her teils gespült, teils geschüttet, unter Durchbauung der Priele und Schutz des Böschungsfußes durch Spundwände und Steinschüttung. Die Molen von Pillau werden durchgreifend erneuert und gesichert. Im Fischereihafen Neukuhren ist die Lücke der Mole geschlossen. Der Ausbau und die Ausrüstung der Häfen ist in geringem Maße vergrößert worden.

Der Anschluß der Leuchtfeuer an Überlandnetze unter Einfügung von selbsttätigen Lampenwechselvorrichtungen ist weiter durchgeführt. Nebelsignalstationen werden versuchsweise mit Funkanlagen versehen. Stubbenkammer erhält ein Unterwasserschallsignal. Die Versuche mit Unterwasserleitkabeln sind fortgesetzt worden.

Landeskulturarbeiten Die Landgewinnungsarbeiten an der Nordseeküste sind mit verstärkten Mitteln erfolgreich weitergeführt, Moore in Staats- und Privatbesitz in sehr beträchtlicher Flächengröße neu kultiviert worden, Deich- und Schöpfwerkbauten, Bach- und Flußregelungen, Entwässerungen durch Gräben und Dränung, Mergelung, Ödlandkulturen, Bewässerungen, Wegebauten und Siedelungen sind in sehr großer Zahl und bis zu größtem Umfang in Ausführung, und zwar zumeist durch Genossenschaften. Der Unternehmungsgeist ist durch die Rentenmarkkredite außerordentlich belebt worden, eine weitere Ausdehnung ist zu erwarten. [N 1027] R. Seifert.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1257.

Automobiltechnische Tagung.

Bei Gelegenheit der Deutschen Automobilausstellung, Berlin 1924, veranstaltete die Automobil- und Flugtechnische Gesellschaft am 16. und 17. Dezember 1924 eine Tagung mit Vorträgen über die neuesten Probleme des Automobilbaues unter dem Vorsitz von Prof. Dr. v. Parseval. Dr.-Ing. G. Bergmann sprach zunächst über den internationalen Automobilbau und die Kompressormotoren. Die Ausstellung dieses Jahres habe den Beweis erbracht, daß die deutsche Industrie auch gegenüber dem Ausland konstruktiv auf der Höhe stehe, wie an Bildern von Einzelheiten, allerdings nur ausländischer Kraftwagen, Motoren, Blockbauarten, Steuerungen, Bremsen und Federaufhängungen von der Pariser und Londoner Ausstellung bewiesen wurde. Noch heute gebe es keine feststehende Bauart, sondern alles sei im Fluß. Ein Film aus den Rumpler-Werken zeigte die Wirkungsweise der schwingenden Hinterachse. Im Nutzwagenbau spielt der Bau ganz schwerer Omnibusse mit drei und neuerdings sogar vier Achsen eine gewisse Rolle. Erst am Schluß ging der Vortragende auf die Kompressormotoren ein. Der heutige Kompressor diene nicht zum Überladen, sondern dazu, die bei hohen Drehzahlen verminderte Füllung zu ergänzen. Der kommende Motor werde mittels des Kompressors das Drehmoment ändern und das Getriebe ersetzen können und ein Mittelding zwischen Explosions- und Verbrennungsmotor sein.

Direktor Franz Westermann, Halle, sprach dann über den Karosseriebau unter besonderer Berücksichtigung amerikanischer Fabrikationsweise, auf Grund einer Studienreise. Der Vortrag ging von der Entwicklung in der Formgebung vom Pferdefuhrwerk bis zum heutigen Kraftwagen aus. Vor dem Kriege tonangebend, habe der deutsche Karosseriebau erst im letzten Jahr wieder Fühlung mit dem Ausland und in der Formgebung wieder die Führung übernommen. In Amerika werden aus Zweckmäßigkeitsgründen nur noch Limousinen und Kabriolets gebaut, da der in Reihen erzeugte Wagen kein Sport-, sondern ein Nutzfahrzeug für jedes Wetter ist.

Die Fertigung von Karosserien ist bei uns nur langsam vom handwerksmäßigen Einzelbau zum Reihenbau übergegangen. Zuerst hat die Delmenhorster Fahrzeugfabrik angefangen. Die Firma Gottfried Lindner hat 1920 die Anfertigung von Einzelkarosserien ganz eingestellt. Sehr wertvoll waren Tagebuchaufzeichnungen, die unmittelbar unter dem Eindruck der Besichtigung amerikanischer Werke erfaßt sind und besser als ein Vortrag zeigen, was wir von Amerika lernen müssen. Auch in den Fabriken, die Zubehör und Beschlagteile für Kraftwagen herstellen, ist der Vorsprung Amerikas bedeutend.

Am zweiten Tage sprach Ing. R. Conrad über die Gefahren und Rettungswege für die deutsche Automobilindustrie. Er wies darauf hin, daß der deutsche Kraftwagenbau konstruktiv stark aufgeholt habe, in Lastwagen auf der Höhe stehe und unsre Ingenieure auch in Nordamerika leitende Stellen einnehmen. Die Gefahr liege darin, daß die Arbeitsmaschinen im Ausland schon vor dem Kriege schneller als bei uns liefen. In Amerika habe man seit 15 Jahren nur daran gearbeitet, die Kosten der Fertigung zu verringern. Die Öffnung unsrer Grenzen für die Einfuhr würde nicht nur die Industrie, sondern schließlich auch den Handel vernichten und die Umstellung unsrer Fabriken sowie die Gesundung der Industrie unmöglich machen.

Die Umsatzsteuer drückt auf die Arbeitslöhne und verringert den Absatz. Man sollte Reihenkarosserien vor allem von der Luxussteuer befreien und nur Einzelausführungen von Karosserien besteuern.

Die Umstellung unsrer Wirtschaft fordert nicht nur finanztechnische, sondern auch technisch-wissenschaftliche Grundlagen. Teilfragen müssen wissenschaftlich durchdrungen werden. Die Aufgabe der Versuchsabteilungen wird noch mißverstanden, da sie nicht neue Erfindungen erproben, sondern Fehler des Betriebes beseitigen sollen. Der Vortragende befürwortet bessere Ausbildung der Ingenieure in Laboratorien, die mit staatlichen Mitteln der Industrie Unterlagen für die Arbeit der Versuchsabteilungen liefern sollen.

Dr.-Ing. Klein, Leipzig, sprach dann über neuzeitliche Kraftwagenbeleuchtung. Das Kraftfahrzeug muß sich dem allgemeinen Verkehr anpassen; es muß vor sich eine beleuchtete Zone haben, die ihm ermöglicht, Gefahren rechtzeitig zu erkennen, darf aber durch das Licht nicht blenden. Wichtig ist die Seitenstreuung bei der Einfahrt in Kurven. Scheinwerfer, die mit der Lenkung verbunden sind, beleuchten die Kurve also zu spät. Hindernisse muß man bei Fahrgeschwindigkeiten von 70 bis 80 km/h in etwa 200 m Entfernung sehen. Der Vortrag ging auch auf die Möglichkeiten zum Abblenden der Scheinwerfer mittels Vorschaltwiderständen, Verschiebung der Lichtquelle oder Verwendung von Zweifadenlampen ein.

[N 1017] Fr.

RUNDSCHAU.

Aus dem Ausland.

Gießerei und Werkstoffbearbeitung.

Schleudergießmaschine für Druckröhren.

Der wesentlichste Bestandteil jeder Schleudergießmaschine[1]) ist ein die Gußform bildender, in rasche Drehung zu versetzender Zylinder. Die Achse dieses Zylinders kann senkrecht, wagerecht oder schräg ausgerichtet sein. Mit senkrecht ausgerichtetem Zylinder werden kurze, gedrungene Stücke wie Kolbenringe und Kolbenringbuchsen gegossen. Geneigt und wagerecht arbeitende Formzylinder kommen insbesondere für den Guß von Röhren mit größeren Baulängen in Frage. Das Eisen wird für kurze starkwandige Gußstücke, die hauptsächlich mit lotrecht ausgerichtetem Formzylinder hergestellt werden, ohne besondere Vorkehrungen in die Form gegossen, dagegen ist für lange dünnwandige, in wagerechten Formzylindern hergestellte Abgüsse (Röhren!) ein eigener in die Form hineinragender Eisenverteiler erforderlich.

In Amerika sind zur Erzeugung von Röhren mittels Schleudergusses zwei Verfahren im Gebrauch, deren Vertreter sich noch heftig bekämpfen. Welches sich endgültig durchsetzen wird, dürfte noch dahin stehen, jedenfalls vermag man nach beiden Verfahren im regelrechten Betrieb wirtschaftlich erfolgreich gute Röhren herzustellen. Das ältere De Lavaudsche Verfahren arbeitet mit wassergekühlten, also verhältnismäßig kalten Formen, während beim neueren Verfahren von Cammen hocherhitzte Formzylinder verwendet werden. Beim De Lavaudschen Verfahren müssen die Röhren nachträglich ausgeglüht werden, was nicht sehr kostspielig ist, da sie noch rotglühend unmittelbar nach dem Guß in die Glühkammer gerollt werden können, während sich nach dem Verfahren von Cammen zwar das Glühen erübrigt, dafür aber natürlich die Formen nur kürzere Lebensdauer haben.

Bauart und Wirkungsweise der Le Lavaudschen Maschine zeigen Abb. 1 bis 4. Die Maschine besteht in der Hauptsache aus drei Teilen: Einem in rasche Drehung versetzten Formrohr, einem Mechanismus zur Erzeugung der Drehung und einer Eingießvorrichtung.

Die Drehform besteht aus einem Stahlrohre, das in einem der Länge nach geteilten gußeisernen, röhrenförmigen Gehäuse untergebracht ist, Abb. 1. Der Raum zwischen der Außenwandung des Stahlrohres und der Innenwand des Gehäuses wird durch eine lotrechte Scheidewand in zwei ungleich lange Abteilungen getrennt. In der kürzeren Abteilung ist am Umfange des Stahlrohres ein Peltonrad angebracht, das das Rohr in rasche Umdrehung bringt. Das Triebwasser dient für diesen Teil der Form zugleich als Kühlwasser. Der längeren Abteilung wird durch ein am Boden des Gehäuses untergebrachtes, mit aufwärts gerichteten Ausläufen in gleichmäßigen Abständen versehenes Rohr unmittelbar Kühlwasser zugeführt. Das äußere Gehäuse ist mit zwei Rollenpaaren versehen, die seine rasche Hin- und Herbewegung in geradliniger Richtung ermöglichen. Das das Peltonrad mit Druckwasser versehende Rohr verläuft im Innern eines Kolbens, der die Längsverschiebung des Gehäuses betätigt, und läßt sich gleich dem Kolben fernrohrartig ineinanderschieben. Das innere, formgebende Stahlrohr ruht im Gehäuse auf Rollenlagern, auf denen es um so leichter stoßfrei um seine Achse kreisen kann, als es völlig von Wasser umgeben ist. Die Betätigung des Peltonrades und des Verschiebekolbens erfolgt durch Druckwasser, das durch eine eigene Pumpenanlage mit Kraftsammler auf den erforderlichen Druck gebracht und erhalten wird. Das Kühlwasser kann irgendeiner Wasserleitung entnommen oder in einem in mäßiger Höhe aufgestellten Behälter bereitgehalten werden.

Die Gießvorrichtung besteht aus einer für rascheste Entleerung eingerichteten Gießpfanne, einem langen, im formgebenden Rohre an dem der Gießpfanne entgegengesetzten Ende mündenden Auslaufrohre und einer Verbindungsrinne zwischen Gießpfanne und Gießrohr. Abb. 2 läßt die Anordnung der Gießvorrichtung erkennen. Die Gießpfanne hängt in einem gußeisernen Gehäuse und wird durch einen Druckwasserkolben gekippt. Der Druckwasserzufluß zum Kippkolben ist durch ein Nadelventil einstellbar, so daß die Kippgeschwindigkeit äußerst genau geregelt werden kann. Das ist sehr wichtig, da der Eisenzufluß für jede Rohrgröße und Wanddicke besonders eingestellt werden muß. Man gibt in die Gießpfanne für jeden Guß einen kleinen Überschuß an Eisen, der nach vollzogenem Guß am vorderen Ende des Rohrgehäuses zum Ablaufen gebracht wird, Abb. 1.

Vor Beginn des Gusses wird die Maschine über das Auslaufrohr zur Gießvorrichtung geschoben, so daß sich die Mündung des Auslaufrohres nahezu am Muffende des formgebenden Rohres befindet. Zur Gestaltung der inneren Muffenform des Rohres schiebt man für jeden Guß einen entsprechend gestalteten Kern in das Stahlrohr, woselbst ihn ein Auflageflansch festhält, Abb. 3. Zunächst wird die Kippvorrichtung in Tätigkeit gesetzt und dann im Augenblicke, da das Eisen zu fließen beginnt, die Form zur raschesten Drehung gebracht. Einen Augenblick später setzt das Abziehen der Drehform von der Auslaufröhre ein, welche Bewegung beendet sein muß, sobald die für den Guß erforderliche Eisenmenge zum Ausfließen gebracht wurde. Der kleine Rest an flüssigem Eisen fließt dann nicht mehr in die Form, sondern, wie bereits oben erwähnt wurde, über eine kleine Seitenrinne in eine eiserne Sammelform ab. Nach Beendigung des Gusses befindet sich das das formgebende Stahlrohr enthaltende Gehäuse in seinem weitesten Abstande von der Eingußpfanne, Abb. 1. Der noch hellrote Abguß wird mittels einer eingeschobenen Klemmzange festgehalten, Abb. 4, und das Gehäuse zum Rücklauf gebracht, wodurch der Abguß frei wird. Ein Laufkran setzt ihn auf einen Schragen ab, auf dem er sofort zur Glühkammer weiter rollt.

Zum guten Gelingen des Gusses ist die richtige Übereinstimmung der drei Bewegungen, Kippen der Ausgußpfanne, Drehen

Abb. 1. Stellung der De Lavaudschen Maschine unmittelbar nach dem Guß.

Abb. 2 Gießvorrichtung.

Abb. 4. Ausziehen des Rohres während des Rücklaufens der Maschine.

Abb. 3. Kern der Röhrenform mit Auflageflansch.

[1]) Vergl. Z. Bd. 61 (1917) S. 317, Bd. 65 (1921) S. 576, Bd. 66 (1922) S. 59.

Abb. 5. Wiegen des gegossenen Rohres.

der Form und Abziehen vom Gießrohre von ausschlaggebender Bedeutung. Diese Bewegungen haben für jede Rohrabmessung verschiedene Geschwindigkeiten, doch sind in jedem Falle die Zufluß- und die Abflußgeschwindigkeit von der minutlichen Umdrehungszahl des Formrohres abhängig. Die Wandstärke der Abgüsse wird durch Änderung der Umdrehungsgeschwindigkeit geregelt. Die theoretische Bestimmung der gegenseitigen Geschwindigkeiten läßt sich ohne Schwierigkeit genau genug bestimmen und ungefähr richtig einstellen, es bleibt aber immer ein gewisser Spielraum, da auch der jeweilige Flüssigkeitsgrad des Eisens mitspricht. Der die Kippvorrichtung bedienende Mann muß sich, um regelmäßig gut zu arbeiten, ein gewisses „Gefühl" aneignen. Jedes Rohr wird noch rotwarm, ehe es in die Glühkammer gelangt, gewogen, Abb. 5, hauptsächlich zu dem Zwecke sofortiger Meldung jeder Gewichtsabweichung an den die Arbeit an der Maschine leitenden Former. Dieser kommt so in die Lage, schon beim zweitfolgenden Abgusse durch Änderung der Geschwindigkeit Abhilfe zu schaffen.

Das Nachglühen der Abgüsse ist beim De Lavaudschen Verfahren unerläßlich, da die Rohre sonst zu hart und mit allerlei Spannungen behaftet ausfallen würden. Die Wärme in der Glühkammer wird auf 950 °C bemessen, die Wärme in der Übergangs- nud Ausgleichkammer auf 320 °C. Neben einer wesentlichen Verbesserung der Ware — größere Festigkeit und gleichmäßige Wandstärken, die deren Verminderung um 25 vH ermöglichen — ist ihre Verbilligung von größtem Belange. Selbst wenn das innere Stahlrohr nur 3000 Abgüsse aushält, wie Moldenke berichtet[1]), bleibt der Aufwand für seine Auswechslung geringfügig gegenüber den Ersparnissen an Löhnen und an Ausgaben für Sand, Lehm, Graphit, Strohseile, Kernspindeln usw. Außerdem betragen die in eine Neuanlage zu steckenden Werte — niedrige Hallen, weniger und einfachere Krane, Wegfall der Gießgruben oder Gießtürme, der Trockenkammern u. a. m. — nur einen Bruchteil der Anlagekosten einer Gießerei für Rohrguß nach altem Betriebsverfahren. Das Ausbringen an guter Ware auf einen beschäftigten Arbeiter ist nach dem De Lavaudschen Verfahren um 100 bis 150 vH höher als in besteingeführten mit Lehm- und Sandformen arbeitenden Gießereien.

Stark erhitzte Formen, wie sie beim Verfahren nach Cammen Verwendung finden, ermöglichen die Herstellung wesentlich dünnwandigerer und engerer Röhren und von Röhren mit größeren Baulängen. Die Formen werden beim Vergießen von Stahl oder Monelmetall bis auf 930 °, von Rotguß auf 800 ° und von Aluminium auf 650 ° erhitzt. Solche Formen werden vor ihrer Inbetriebnahme poliert. Sie müssen starkwandig genug sein, um beim Gusse nicht die kritische Temperatur ihres Werkstoffes zu überschreiten. Mit Ausnahme von Formen für Röhrenguß bewährt sich Nichrome-Stahl mit 0,5 vH Kohlenstoff, 26 bis 28 vH Chrom, 0,4 bis 0,6 vH Silizium und 0,6 vH Mangan für heiße Schleuderformen ausgezeichnet. Für Röhrenformen ist dieser Stahl weniger geeignet, da er infolge sehr starker Ausdehnung leicht die Abgüsse festhält. Seine kritische Temperatur liegt bei etwa 1260 °.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit U der Form beim Gusse verschiedener Metalle kann nach folgenden Formeln bestimmt werden, wobei r den Halbmesser des Abgusses in mm bedeutet.

$$\text{Gußeisen } n = \frac{7800}{\sqrt{r}}, \qquad \text{Stahl } n = \frac{6800}{\sqrt{r}},$$

$$\text{Rotguß } n = \frac{8300}{\sqrt{r}}, \qquad \left.\begin{array}{l}\text{Aluminium}\\ \text{Duraluminium}\end{array}\right\} n = \frac{11350}{\sqrt{r}}.$$

[M 337] C. Irresberger.

[1]) Nach „Stahl und Eisen" Bd. 43 (1923) S. 978.

Anzeiger für Wärmerisse in Stahlblöcken und Schmiedestücken.

Während des Erhitzungs- und Abkühlungsvorganges beim Herstellen von Stahlblöcken und Schmiedestücken zeigen sich starke Spannungen, die so groß sein können, daß sie einen Riß im Material herbeiführen. Diese Sprünge sind gewöhnlich von einem starken Stoß und klingendem Geräusch begleitet. Das ist bis jetzt der zuverlässigste Beweis im Kenntlichmachen des fehlerhaften Schmiedestückes. Tritt ein Bruch während der Nacht oder in einem Augenblick auf, in dem kein Beobachter zugegen ist, oder ist der Beobachter nicht genügend wachsam, es zu beachten, so kann das Schmiedestück unabsichtlich fehlerhaft abgeliefert werden.

Um nun diese Gefahr herabzumindern, hat die Firma C. A. Parsons & Co. in Verbindung mit der Cambridge Instrument Company ein Gerät geschaffen, das ein genaues Bild jedes Stoßes oder der Störung angibt, die in dem sich abkühlenden Schmiedestuck auftreten. Das Gerät ist so empfindlich, daß es einen gewöhnlichen Hammerschlag aufzeichnen kann. Beauftragt man einen Arbeiter, dem Schmiedestück in bestimmten Zwischenräumen während des Abkühlens Hammerschläge zu geben, so findet man diese auf der Aufzeichenvorrichtung des Gerätes wiedergegeben. Zeigt sich ein außergewöhnlicher Ausschlag, so ist das Schmiedestück rissig.

Die vollständige Ausrüstung besteht aus zwei Geräten, dem Meßgerät, das am Schmiedestuck befestigt ist, und der Aufzeichenvorrichtung, mit der das Gerät elektrisch verbunden ist. Die Anordnung kann nun nötigenfalls noch so getroffen werden, daß gleichzeitig die Temperatur des Schmiedestückes mit verzeichnet wird.

Das Gerät, Abb. 6, umfaßt einen beweglichen Teil, bestehend aus einem Messinggewicht a, das an dem Ende einer flachen Stahlfeder b befestigt ist. Diese ist mit einem Stück Flachstahl c verschraubt, das starr an einem Halter d angebracht ist. Der Halter d kann entweder mit dem zu untersuchenden Werkstück fest verschraubt werden, wie in Abb. 6 bei e, oder an ein schweres Eisenstück befestigt und mit diesem auf den zu prüfenden Stahlblock aufgestellt werden. In den Flachstahl ist eine

Abb. 6. Anzeiger für Wärmerisse in Stahlblöcken.

Platinspitze f eingesetzt. Diese ist so angeordnet, daß sie eine Kontaktplatte g berührt, die an dem Gewicht befestigt ist. Infolge der Trägheit des Gewichtes verursacht das Auftreten einer Spannung im Schmiedestück das Öffnen des Kontaktes; der elektrische Kreislauf setzt aus, und ein Zeichen wird auf dem Blatt der Aufzeichenvorrichtung gemacht. Der bewegliche Teil hat ein langes, natürliches Schwingungsvermögen. Der obere Kontakt ist nicht unmittelbar mit dem Ende der Mikrometer-Stellschraube h verbunden, sondern durch einen Stift i gehalten. Diese Anordnung ermöglicht eine genaue Einstellung des Kontaktes, macht diesen leicht zugänglich und verhindert, daß er sich bewegen kann. Das Gerät ist mit einer staubdichten Metallhülse versehen. Die Dauer in der Unterbrechung des elektrischen Kreislaufes hängt von der Größe des Stoßes ab und die Größe des auf dem Blatte verzeichneten Ausschlages von der Dauer des Stoßes.

Bei einigen Untersuchungen haben sich kleine Ausschläge auf dem Aufzeichenblatt gezeigt, die durch Schläge auf die in der Nachbarschaft bearbeiteten Schmiedestücke herrührten oder von schweren heruntergefallenen Körpern. Sie waren leicht erkennbar und konnten nicht für Spannungserscheinungen im bearbeiteten Schmiedestück gehalten werden. [M 947] Gw.

Verbrennungskraftmaschinen.

Neuartige Verbrennungsmaschine.

Auf der britischen Reichsausstellung zeigte die Firma Blackstone & Co., Stamford, eine neuartige Verbrennungsmaschine, Abb. 7 und 8, mit vier Zylindern[2]) von 76,2 mm Dmr. und 101,6 mm Hub, deren Zylinder wie üblich in einer Reihe hintereinander liegen. Die Kolben wirken jedoch nicht unmittelbar auf die Kurbelwelle, sondern sind paarweise durch eine im Gehäuse

[2]) Vergl. a. „Engineering" Bd. 118 (1924) S. 593.

Abb. 7 und 8. Zylinder der neuartigen englischen Verbrennungskraftmaschine.

Abb. 9. Kolbenanordnung.

gelagerte Schwinge *a* miteinander verbunden, worin sie mit kurzen Pleuelstangen *b* angreifen. Jede Schwinge greift mit einer Gabel *c* um zwei Zapfen *d* der Kurbelwelle *e*, die senkrecht zur Drehachse der Schwingen seitlich von den Zylindern gelagert ist, s. Abb. 9. Sie hat zwei unter 37½° geneigte Arme, woran die Zapfen *d* drehbare Querhäupter bilden. Die Neigung der Kurbelzapfen entspricht dem Ausschlag der Pendelschwinge bei einem vollen Kolbenhub. Wird z. B. in Abb. 9 der vorderste Kolben 1 abwärts getrieben, so erzeugt er ein Drehmoment, das die Kurbelwelle in der Richtung des Pfeils zu drehen sucht. Die Kurbelzapfen stehen symmetrisch, so daß die Kolben wie bei andern Vierzylindermotoren dynamisch ausgeglichen sind.

Als Vorteil der Bauart ist anzusehen, daß man an Bauhöhe der Maschine bedeutend sparen und wegen der geringeren Schwingungswinkel der Pleuelstangen die seitlichen Kolbendrücke verringern kann, die sich auf das Fahrgestell übertragen und Erschütterungen hervorrufen. Für Schiffsantriebe ist die geringe Bauhöhe noch wichtiger, weil hier der Raum meist sehr beschränkt ist. Ein Vorteil ist auch, daß sich die Kurbelwelle seitlich von den Zylindern befindet und daher ihre Lager bequemer als sonst zugänglich sind. [M 927]

Dampfkraftanlagen.

Neue Versuche an Ginabat-Kondensatoren.

In dem Aufsatz „Eine neue Bauart von Oberflächenkondensatoren" (Z. Bd. 68 (1924) S. 1121) sind in Zahlentafel 1 und 2 Vergleichsversuche wiedergegeben, die zwischen gewöhnlichen Kondensatoren und der neuen Bauart Ginabat in der Zentrale Gennevilliers bei Paris angestellt wurden. Bei diesen Versuchen wurden zwei Kondensatoren gleicher Kühlfläche an zwei genau gleichen Maschinen und bei vollkommen gleichen Hilfsmaschinen verglichen, die sich nur durch die Anordnung der Kühlfläche unterschieden. Der eine Kondensator besaß normale Kühlflächenanordnung, der andre die nach Bauart Ginabat. Die Zahlentafel 2 wird hier etwas vervollständigt nochmals abgedruckt (Zahlentafel 1). Der Ginabat-Kondensator gab danach eine erheblich bessere Luftleere, obgleich bei ihm noch eine der drei Dampfstrahlluftpumpen abgestellt werden konnte und die Dampfbelastung noch um mehr als 10 vH höher war.

Diese Versuche zeigen die mit dem Ginabat-Kondensator erzielbaren Höchstbelastungen noch nicht an, da sich die Kühlfläche des Vergleiches wegen nach dem normalen Kondensator richten mußte. Sie sind aber inzwischen weiter verfolgt worden,

Zahlentafel 1.

Vergleichsversuche an Kondensatoren in der Zentrale Gennevilliers der Union d'Electricité am 27. September und 1. Oktober 1923.

Maschine 1 gewöhnlicher Kondensator,
Maschine 2 Ginabat-Kondensator.

Angaben über die Kondensatoren.

Kühlfläche beider Kondensatoren . . . . . 3500 m²
Zahl der Wasserwege 1
Rohrzahl 7500
Rohrabmessungen . . . . 20 × 22 mm
Maschine 1: 3 } Dampfstrahlluftpumpen
Maschine 2: 2 } gleicher Größe
je Anlage zwei Kühlwasserpumpen.

Versuchs-Nr. Kondensatorbauart	1 Gewöhnliche	2 Ginabat
Maschine Nr.	1	2
Niedergeschl. Dampfmenge in kg/h	106 000	118 230
Kühlflächenbelastung in kg/m²h	30,3	33,8
Kühlwasser-Eintrittstemperatur in °C .	18	17,35
Kühlwasser-Austrittstemperatur in °C .	21,2	20,7
Abs. Druck im Kondensator in mm Q.-S. .	30,65	25,5
Luftleere bezogen auf 760 mm Q.-S. vH.	95,97	96,65
Luftleere bezogen auf die theoretisch mögliche in vH.	98,41	99.04

Zahlentafel 2.

Vergleichsversuche an Ginabat-Kondensatoren in der Zentrale Gennevilliers der Union d'Electricité am 17. und 19. Mai 1924. Maschine 3: Kondensator Ginabat.

Angaben über die Kondensation:

Kühlfläche bei Versuch 1 und 2 . . . . 3500 m²
Kühlfläche bei Versuch 3 und 4 (verringert, indem die entsprechende Anzahl von Rohren zugestöpselt wurde) 2800 m²
Zahl der Wasserwege 1
Rohrzahl (bei 3500 m²) 7500
Rohrabmessungen . . . . 20 × 22 mm
2 Dampfstrahlluftpumpen, 2 Kühlwasserpumpen.

Bemerkung	norm. Kühlfl. 3500 m²		verring. Kühlfl. 2800 m²	
Versuchs-Nr.	1	2	3	4
Niedergeschlagene Dampfmenge in kg/h	132500	159000	132500	159000
Kühlflächenbelastung in kg/m² h	37,9	45,5	47,4	56,7
Kühlwassereintrittstemperatur in °C	18,4	18	20	20
Abs. Druck im Kondensator in mm Q.-S.	33,0	34,12	35,0	39,0
Luftleere bezogen auf 760 mm Q.-S. in vH.	95,65	95,5	95,4	94,85

indem nunmehr die Kühlfläche des Ginabat-Kondensators verkleinert wurde. Dies geschah zunächst behelfsmäßig durch Zustöpseln eines Teiles der Kühlrohre und wurde nach und nach so weit getrieben, daß von den 3500 m² nur 2800 wirksam blieben. Die Kühlfläche wurde also um 20 vH verkleinert. Trotz dieser Verkleinerung trat ein Nachlassen der Luftleere bei gleicher Dampfbelastung nicht ein. Zahlentafel 2 zeigt eine Änderung der Luftleere bei den Versuchen vor und nach der Verringerung der Kühlfläche nur genau in dem Maße, wie sich die Kühlwasser-Eintrittstemperatur geändert hat, d. h. bei gleicher Kühlwasser-Eintrittstemperatur wäre auch die gleiche Luftleere erzielt worden. Die spezifischen Kühlflächenbelastungen sind dabei jetzt mit fast 57 kg/m²h ganz ungewöhnlich hoch.

Diese Versuche zeigen also, daß der Ginabat-Kondensator eine erhöhte Luftleere gegenüber einem gewöhnlichen nicht nur bei gleicher Kühlfläche, sondern selbst dann erzielt, wenn seine Kühlfläche um 20 vH verkleinert ist. Allerdings hat die Kühlwassergeschwindigkeit in den Rohren in diesem Fall infolge des Zustöpselns eines Teiles der Kühlrohre zugenommen. Diese Vergrößerung würde jedoch bei einem Kondensator gewöhnlicher Bauart nicht entfernt imstande sein, einen Abfall der Luftleere aufzuhalten.

Um jedoch auch diesen Einwand auszuschalten, wird jetzt der oben erwähnte Ginabat-Kondensator ganz umgebaut, indem seine Kühlfläche durch eine neue ersetzt wird, die mit 2500 m² um etwa 30 vH kleiner ist als die des Vergleichskondensators gewöhnlicher Bauart. Hierbei soll dieselbe Wassergeschwindigkeit wie bei dem Vergleichskondensator eingehalten werden. Über diese Versuche wird später berichtet werden.

Die Zahlentafeln 3 und 4 enthalten noch weitere Versuchsergebnisse an zwei Anlagen mit Ginabat-Kondensatoren, die eben-

Zahlentafel 3.
Versuche mit Ginabat-Kondensatoren in der Zentrale Buenos Aires (Argentinien) am 30. Januar und 1. Februar 1924.

Angaben über die Kondensation:
Niederzuschlagende Dampfmenge nach Vertrag . . 128 000 kg/h
Kühlwassermenge (2 Pumpen je 4150 m³/h) . . . . 8 300 m³/h
2 Dampfstrahlpumpen, 2 umlaufende Kondensatpumpen.
Kühlfläche (2 Kondensatoren je 1600 m²) . . . . . 3 200 m²

Versuchs-Nr.	1	2	3
Niedergeschlagene Dampfmenge in kg/h	140000	112000	84000
Kühlwasservielfaches	59,3	74,1	98,8
Kühlflächenbelastung in kg/m²h	43,8	35	26,3
Kühlwasser-Eintrittstemperatur in °C	24,5	24,5	24,5
Kühlwasser-Austrittstemperatur in °C	34,24	32,3	30,36
Abs. Druck im Kondensator in mm Q.-S.	43,75	38	34,08
Luftleere bezogen auf 760 mm Q.-S. in vH	94,25	95	95,51
Luftleere bezogen auf die theoretisch mögliche in vH	99,55	99,76	99,77

Zahlentafel 4.
Versuche mit einem Ginabat-Kondensator in der Zentrale Grand-Quevilly bei Rouen (Frankreich) am 23. Mai 1924.

Angaben über die Kondensation:
Niederzuschlagende Dampfmenge nach Vertrag . . . 38 000 kg/h
Kühlwassermenge . . . . 2 900 m³/h
1 Dampfstrahlluftpumpe, 1 umlaufende Kondensatpumpe.
Kühlfläche . . . . 1 190 m²

Versuchs-Nr.	1	2
Niedergeschlagene Dampfmenge in kg/h	50 800	46 565
Kühlwasservielfaches	57,1	62,2
Kühlflächenbelastung in kg/m² h	42,7	39,2
Kühlwasser-Eintrittstemperatur in °C	15,9	15,6
Kühlwasser-Austrittstemperatur in °C	25,92	24,94
Abs. Druck im Kondensator in mm Q.-S.	28,8	27,5
Luftleere bezogen auf 760 mm Q.-S. in vH	96,21	96,38
Luftleere bezogen auf die theoretisch mögliche in vH	99,50	99,48

falls die vorzügliche Wirksamkeit dieser Bauart zeigen. Man beachte die ganz außerordentlich hohen Luftleeren, bezogen auf die theoretisch mögliche.

Es ist vielfach die Meinung verbreitet, ein Kondensator müsse mit Rücksicht auf Überlastungen möglichst groß sein. Ein Blick auf die Zahlentafeln 3 und 4 zeigt, wie unrichtig diese Auffassung ist. Genaue theoretische und konstruktive Durcharbeitung der Frage führt überall auf verbesserte Lösungen, die dann auch Überlastungen im weiten Ausmaße zu beherrschen erlauben.

In Zahlentafel 3 ist die Belastung beim ersten Versuch um 25 vH größer als beim zweiten Versuch. Trotzdem ist die Luftleere, bezogen auf die theoretisch mögliche, kaum gesunken. Auch der außergewöhnliche Fall in Zahlentafel 4, wo sich trotz einer Überlastung um 23 bzw. 34 vH über die Garantieleistung die Luftleere gleichmäßig auf rd. 99,5 vH von der theoretisch möglichen hält, zeigt diese Unempfindlichkeit gegen Überlastungen klar. Gerade sie ist ein dem Ginabat-Kondensator eigener besonderer Vorzug, den andre Kondensatoren, mögen sie auch noch so reichlich bemessen sein, nicht haben[1]). [N 876] Dr.-Ing. L. Heuser, Bochum.

Schiffs- und Seewesen.

Kreuzerkonstruktion.

In der englischen Zeitschrift „The Engineer" vom 31. Oktober 1924 waren die Grundgedanken betrachtet, die in einigen für England besonders wichtigen Marinen den Bau der neuen Kleinen Kreuzer beeinflussen. Der ungenannte Verfasser, der zweifellos unter den Marinesachverständigen zu suchen ist, geht dabei zunächst von der nach seiner Ansicht wenig befriedigenden Lage des englischen Kreuzerbaues aus und stellt fest, daß dem sehr ernsten Mangel an solchen Schiffen durch die Inangriffnahme von fünf Neubauten des Baujahres 1924 nicht im entferntesten abgeholfen sein wird. Von diesen neuen Kleinen Kreuzern ist „Suffolk" am 30. September auf der Staatswerft in Portsmouth und „Cornwall" 9 Tage später auf der Staatswerft in Devonport auf Stapel gelegt worden; „Kent" soll in aller Kürze auf der Staatswerft in Chatham begonnen werden. Die Kleinen Kreuzer „Cumberland" und „Berwick" werden Vickers & Co. und die Fairfield Shipbuilding Co. bauen. Die Kiele dieser beiden Schiffe werden ebenfalls noch im laufenden Jahre gestreckt werden. Die Bauzeit wird aus Haushaltsrücksichten wahrscheinlich drei Jahre betragen. Bis diese neuen Kreuzer fertig sind, hat England eigentlich nur die vier Kreuzer der Raleigh-Klasse, die nach Größe, Geschwindigkeit und Bewaffnung für eine wirksame Durchführung des Handelsschutzes in Betracht kommen. Mit fast 10 000 t Verdrängung, 30 Kn Geschwindigkeit und einer Bestückung mit sieben 19 cm-Geschützen stellen sie in der Tat sehr brauchbare Fahrzeuge zur Überwachung der ausgedehnten britischen Handelswege dar, die eine Gesamtlänge von 128 000 km besitzen. Allerdings genügen für solche Seestrecken vier Schiffe nicht. Zwar verfügt die englische Marine außerdem noch über „Emerald" und „Enterprise", die immerhin auch 7600 t verdrängen und für 32 Kn Geschwindigkeit bei voller Ausrüstung entworfen sind. Jedoch eignen sie sich mehr für den Dienst in der Hochseeflotte als für den Handelsschutz, weil sie mit ihren sieben 15,2 cm-Geschützen kein schwereres Breitseitfeuer als das der um 3000 t kleineren „D"-Kreuzer entwickeln können und damit ausländischen Kreuzerneubauten gegenüber allzusehr unterlegen sind, ohne in den Abwehreigenschaften, insbesondere in der Panzerung, einen entsprechenden Ausgleich zu besitzen.

Der Bedarf der englischen Marine an neuzeitlichen Kleinen Kreuzern wird von der britischen Admiralität selbst einschließlich der fünf Neubauten des laufenden Baujahres auf 52 Stück geschätzt, die in den nächsten zehn Jahren gebaut werden müßten. Diese Zahl erscheint nicht übertrieben hoch, wenn man den Umfang und die leichte Verletzbarkeit des für England lebensnotwendigen Überseehandels in Betracht zieht. Ob alle diese Fahrzeuge die in Washington als Höchstgrenze festgesetzte Verdrängung von 10 000 t erhalten müssen, ob ein Teil kleiner und somit billiger gebaut werden kann, läßt sich erst sagen, wenn die andern Seemächte ihre Absichten klarer zum Ausdruck gebracht haben als bisher. Mit wenigen Ausnahmen gehen alle ausländischen Kreuzerkonstruktionen seit der Washingtoner Abrüstungskonferenz an die zulässige Höchstgrenze von 10 000 t heran, und hinsichtlich der Bewaffnung wird es nicht anders sein. Wird diese Kreuzergröße zur Norm, so kann England in dieser Beziehung nicht zurückbleiben.

Wie man konstruktiv die schwierige Aufgabe, einen allen Anforderungen gewachsenen Hochseekreuzer mit 10 000 t Verdrängung zu bauen, lösen wird, ist nicht bekannt; die englische Marine hält ihre Absichten nach dieser Richtung hin streng geheim. Zu berücksichtigen ist angesichts der Ausdehnung des britischen Weltreichs natürlich, daß ein englischer Kreuzer im Kriegsfall in jedem beliebigen Teile der Weltmeere verwendbar sein muß. Dazu gehört vor allem ein ungewöhnlich großer Brennstoffvorrat. Das Schiff muß möglichst unabhängig von Stützpunkten sein, es ist um so wertvoller, je seltener es gezwungen ist, zur Auffüllung seiner Bunker das ihm zugewiesene Wirkungsgebiet zu verlassen. Die Fahrtgeschwindigkeit auf See darf nicht kleiner als die irgend eines ausländischen Kreuzers sein, die bei voller Ausrüstung mit 31 Kn angenommen werden darf. Die Bewaffnung muß nach Kaliber und Reichweite mindestens ebenso groß sein wie bei den als mögliche Gegner in Betracht kommenden Kreuzern. Die schwierigste Frage bietet die Panzerung. Ein nach vorstehenden Gesichtspunkten entworfenes 10 000 t-Schiff behält für den Panzer so wenig Gewicht übrig, daß ein wirksamer Schutz gar nicht in Frage kommen kann. Man muß sich darauf beschränken, das Fahrzeug vor sofortiger Vernichtung durch Sprenggranaten zu bewahren. Die meisten neuzeitlichen Kreuzer haben einen breiten Gürtel von rd. 76 mm Dicke aus Stahl hoher Festigkeit in der Wasserlinie und ein Panzerdeck von 25 bis 40 mm Dicke über der Maschinenanlage und Rudereinrichtung. Ein solcher Schutz ist, ausgenommen gegen Schüsse der kleinsten Kaliber, gänzlich wertlos, praktisch hat er sich im Artilleriekampf auf große Entfernungen und gegen höchstens 15,2 cm-Geschosse recht gut bewährt. Gegen 20,3 cm-Geschütze, wie sie jetzt nach dem Washington-Abkommen für alle Kleinen Kreuzer eingeführt werden, wird ein so schwacher Panzer aber zweifellos versagen. Sieht man auf Grund dieser Überlegung von der Panzerung ganz ab, so entsteht die Gefahr, daß das Schiff schon durch den ersten feindlichen Schuß völlig kampfunfähig wird. Die beste Lösung dieser Schwierigkeit liegt wahrscheinlich darin, daß man den Gürtelpanzer fortläßt, dafür aber die lebenswichtigsten Teile — Maschinenanlage, Munitionskammern usw. — durch Panzerdecks möglichst wirksam schützt. Frankreich scheint bei seinen neuesten Kleinen Kreuzern so zu verfahren, ebenso Amerika bei den acht Kreuzern, die auf Stapel gelegt werden sollen, sobald der Kongreß die Mittel dafür bewilligt hat. Winston Churchill gebrauchte einmal für den Kampf zwischen zwei Schlachtschiffen das Bild von den zwei Eierschalen, die mit Hämmern aufeinander losschlagen. Das ist in bezug auf schwer gepanzerte Schiffe stark übertrieben, trifft aber für Kreuzer neuester Bauart zu.

Jeder neue 10 000 t-Kreuzer, gleichgültig, welche Seemacht ihn baut, wird wenigstens acht 20,3 cm Geschütze erhalten. Die

[1]) vergl. A. Ginabat, „Über Oberflächenkondensatoren", „Die Wärme" 1924 Nr. 48.

Gürtelpanzerung wird denkbar leicht sein und vom gegnerischen Geschoß bei jedem Auftreffwinkel durchschlagen werden können. Da ein großer Teil des Unterwasserschiffs von Maschinen- und Kesselanlagen sowie von Munitionskammern ausgefüllt wird, so dürfte jeder Treffer innerhalb des Schiffskörpers schwere Schäden anrichten, da das 20,3 cm-Geschütz kaum noch zur Mittelartillerie zählt. Nach den Geschütztafeln von Elswick feuert das 20,3 cm-Geschütz L/50 ein Geschoß von 113,4 kg Gewicht mit 914,4 m/s Anfangsgeschwindigkeit. Das Geschütz kann 5 Schuß in der Minute abgeben und hat vermutlich eine Reichweite von 13,7 km und 5514 mt Mündungsenergie. Rechnet man für den Ernstfall mit einer etwas geringeren Geschützleistung, so ist ein Schiff mit acht 20,3 cm-Geschützen doch immerhin imstande, rd. 32 Geschosse in der Minute mit einem Gesamtgewicht von mehr als 3,5 t abzufeuern, und dieser ganzen Eisenmasse steht ein leicht verletzliches, nur ganz ungenügend gepanzertes Schiff gegenüber. Das beste, vielleicht das einzig wirksame Verteidigungsmittel liegt in der Beantwortung des Angriffeuers durch ein noch schwereres Feuer, um so den Gegner möglichst schon zum Schweigen zu bringen oder gar zu vernichten, bevor dessen Geschütze ihr Zerstörungswerk recht begonnen haben.

Die Auswirkung solcher Überlegungen ist deutlich in der Konstruktion der acht für die Vereinigten Staaten von Nordamerika geplanten 10 000 t-Kreuzer erkennbar, die mit rd. 100 000 PS Maschinenleistung etwa 30 Kn Geschwindigkeit erreichen sollen. Die Hauptartillerie soll zwölf 20,3 cm-Geschütze umfassen, die in vier Tripeltürmen aufgestellt werden; daneben wird mit neun Geschützen kleineren Kalibers eine starke Luftabwehrbatterie eingerichtet. Gürtelpanzerung fehlt gänzlich, jedoch sind die Munitionskammern durch ein starkes Panzerdeck geschützt. Bei solch einem verhältnismäßig hohen Gewichtsaufwand für Geschütze und deren Unterbauten würde es ganz unmöglich sein, einen senkrechten Panzerschutz vorzusehen, die mehr als einen Splitterschutz darstellte, so daß also die Hauptbewaffnung, die Wasserlinie, vielleicht auch sogar Maschinen und Kessel jedem feindlichen Treffer preisgegeben sind.

In dieser neuartigen und kühnen Schiffskonstruktion der Vereinigten Staaten liegt vielleicht eine gar nicht so unvernünftige Lösung der schwierigen taktischen Frage. Wenn nicht Stabilität und Seetüchtigkeit darunter leiden, wird die gewaltige Vereinigung der Geschützwirkung diese Schiffe in einem Zukunftskriege zu furchtbaren Gegnern für jeden Kreuzer gleicher Größe, aber geringerer Armierung machen. Ließe sich durch Verkleinerung der Geschützzahl ein einigermaßen ausreichender Panzerschutz schaffen, so wäre die Sachlage anders. Aber es ist mehr als zweifelhaft, ob selbst die Opferung von vier Geschützen irgendwelchen praktischen Nutzen für die Verbesserung des Panzerschutzes ergeben würde. Trotzdem wird man eine solche Lösung der Frage nicht ohne weiteres auch für die englische Marine als zweckmäßig oder auch nur zulässig erklären können. In England besteht ein tiefwurzelndes Vorurteil gegen Schiffe, die auf dem Papier einen im Vergleich zur Verdrängung ganz unverhältnismäßig hohen Kampfwert besitzen. Die Geschwindigkeit der besprochenen amerikanischen Kreuzer bedingt sehr schlanke Schiffsformen, die im Verein mit den großen Deckslasten unmöglich zu wirklich seetüchtigen Geschützplattformen führen können. Wenn sie aber im Seegange schwer rollen und infolgedessen die Geschützbedienung ihre Treffsicherheit verliert, dann wäre der Vorteil der überlegenen Artillerie geradezu in einen Nachteil verwandelt, denn ein solches Schiff wird auf hoher See einem scheinbar viel schwächeren Gegner, der weniger Geschütze hat, aber eine ruhigere Geschützplattform aufweist, leicht zum Opfer fallen. In diesem Zusammenhang ist beachtenswert, daß die neuen italienischen 10 000 t-Kreuzer nicht, wie ursprünglich geplant war, zehn, sondern nur acht 20,3 cm-Geschütze erhalten sollen. Diese Änderung ist offenbar auf Berechnungen zurückzuführen, die gezeigt haben, daß die Aufstellung der stärkeren Geschützbewaffnung ein durch die Verhältnisse nicht gerechtfertigtes Opfer an andern, ebenfalls wichtigen Eigenschaften bedingt. Es wäre daher kaum überraschend, wenn man auch für die amerikanischen Kreuzer von einer ähnlichen Änderung des Bauplans hören würde, noch ehe sie wirklich auf Stapel gelegt sind. [N 909] La.

Erfahrungen mit Motorschiffen.

In der Society of Naval Architects and Marine Engineers of America wurden von verschiedenen Rednern Betriebserfahrungen mit Motorschiffen bekanntgegeben, so über das Motorschiff „Cubore" von 143 m Länge und 17,38 m Breite, das mit 2400 Wellen-PS 10 Kn Geschwindigkeit erreicht. Die Maschine arbeitet nach dem einfach wirkenden Zweitakt und verbraucht täglich 12,2 t Öl. Die Dampfer gleicher Größe der gleichen Reederei verbrauchen unter gleichen Bedingungen mit Kolbenmaschinenantrieb 34,8 t und mit Turbinenantrieb 33,2 t.

Bei einem im New Yorker Hafen beschäftigten Schlepper, der ursprünglich eine unmittelbar auf die Schraubenwelle wirkende Dieselmaschine hatte, hat man gute Erfahrungen mit dem elektrischen Antrieb gemacht. Der unmittelbar arbeitende Dieselmotor hatte sich nicht bewährt, weil sich das Anfahren und Stoppen nicht hinreichend oft erreichen ließ. Maschinensignale wurden auf dem Schlepper bei 8stündiger Wache alle 51 s gegeben.

Die dieselelektrische Anlage besteht aus zwei Viertakt-Dieseldynamos mit Nebenschlußwicklung von 255 kW Leistung, die Gleichstrom von 250 V Spannung liefern. Diese Maschinen speisen in Reihenschaltung einen Motor von 575 PS Leistung. Durch die Ward-Leonardschaltung kann die Leistung weitgehend geändert werden. Im Vergleich zu einem Dampfschlepper soll das Maschinengewicht von 180 auf 167,5 t verringert worden sein. [N 1002]

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Maskinteknik. Bd. 1 Teil 4: Materialprovning. Von B. Kjerrman. Stockholm 1924, Alb. Bonnier. 181 S. m. 73 Abb. Preis Kr. 16.

Das in schwedischer Sprache erschienene Buch gibt in kurzer Darstellung eine Übersicht über die gesamte Materialprüfung, nämlich chemische Untersuchung, mechanische Prüfung, Metallographie, elektrische und magnetische Untersuchung. Entsprechend den schwedischen Verhältnissen ist der Inhalt des Buches wesentlich auf die Prüfung von Eisen, Stahl und Sonderstahl zugeschnitten. Es enthält zahlreiche Tafeln über Stahlzusammensetzungen und Änderung der Eigenschaften von Stählen durch die Wärmebehandlung, die für Eisenhüttenleute und insbesondere wohl auch für die schwedischen Verhältnisse wertvoll sind. Mir sind wenige andere Veröffentlichungen bekannt, die eine so vollständige Zusammenstellung der Zusammensetzung von Kohlenstoffstählen und Sonderstählen enthalten. Zusammensetzungen von Aluminiumbronzen, Zinnbronzen, Lagermetallen und einigen andern Legierungen werden ebenfalls mitgeteilt. Als Anhang enthält die Veröffentlichung Abnahmevorschriften und Mitteilungen über Materialprüfungsanstalten. [E 867] H. Hanemann.

Die Industrie der Steinkohlenveredelung. Von Fritz Schreiber. Braunschweig 1923, Vieweg & Sohn. 192 S. mit 102 Abb. Preis geh. Gm. 6, geb. Gm. 7,50.

Dieses Werk ist außerordentlich zu begrüßen, weil es erstmalig in zusammenhängender Form die zahlreichen Wege der Steinkohlenveredelung behandelt, die den verschiedensten Wissensgebieten angehören. Es gibt eine einfache und klare Darstellung der Aufbereitung, der verschiedenen Wege der Brikettierung, des Kokereibetriebes und der Teerdestillation, behandelt somit die mechanischen und die chemischen Veredelungsarten. Wenn auch über die verschiedenen Gegenstände andere Bücher vorhanden sind, die vielleicht teilweise umfangreicher sind, so ist dieser zusammenfassenden und vollständigen Darstellung schon aus dem Grunde der Vorzug zu geben, weil sie dem gegenwärtigen Stand der Technik vollkommen angepaßt ist. Es wird alles Wissenswerte aus den behandelten Arbeitsgebieten in übersichtlicher und klarer Weise gebracht. Das Buch eignet sich daher für jedermann, der auf dem Gebiete der Steinkohlengewinnung tätig ist. Lediglich die Frage der Destillation bei niedriger Temperatur ist bei der Bearbeitung stiefmütterlich bedacht worden, obwohl gerade dieses neue Arbeitsgebiet besondere Aufmerksamkeit verdient. In unserer jetzigen Zeit, wo die sparsamste Ausnutzung der Brennstoffschätze ein unbedingtes Gebot ist, verdient das Buch vorzügliche Beachtung. [E 893] T.

Licht. Die Aufgaben und die Bedeutung des Lichtes in der Baumwolltextilindustrie. Von Dr. phil. Dr.-Ing. eh. Wilh. Elbers, Hagen i. Westf. Braunschweig 1924, Vieweg & Sohn. 70 S. mit 5 bunten Stofftafeln. Preis Gm. 4,50.

Für wenige Gewerbe nur ist das Licht von so großer Bedeutung wie für die Textilindustrie. Der Verfasser versucht deshalb, in dem vorliegenden Buch im Zusammenhang über alles das zu berichten, was er für den Textilfachmann für wichtig hält. Zweifellos aber haben einzelne Kapitel auch für weitere Kreise, insbesondere für den Ingenieur, Bedeutung. Sehr dankenswert ist es, daß der Verfasser sich bei der Grundlegung seiner Gedanken auf die Ostwaldsche Energetik bezieht, die durch ihre Auffassung der Körper nicht als ein Gemenge von Stoffen, sondern als ein Nebeneinander von Energiearten ein in physikalischer Hinsicht recht anschauliches und übersichtliches Weltbild ergibt.

Die Einteilung des ganzen Stoffes nach den Leistungen und der Bedeutung des Lichtes auf physikalischem, chemischem und physiologischem Gebiet entspricht der Natur des Gegenstandes. Den meisten Ingenieuren nicht geläufig dürften die Meßzahlen

für Licht und Lichtwirkung sein; ebenso z. B. ist für sie sicherlich die vom Verfasser durchgeführte Berechnung bemerkenswert, nach der die gleiche Menge Leuchtgas einen höheren Lichteffekt gibt, wenn sie nicht unmittelbar im Auerbrenner verbrannt wird, sondern wenn man sie erst mittels einer Gasdynamo zur Erzeugung elektrischer Energie benutzt, die man dann in einer Metallfadenlampe in Lichtenergie umsetzt. Von unmittelbarer Bedeutung für den Ingenieur ist das, was über die Beleuchtung von Räumen gesagt wird, insbesondere über die Wirkung verschiedener Lichtquellen, Absorption und Reflexion, Schattenwirkung usw.

Das Kapitel über farbige Lichtwirkungen ist vom Verfasser mit besonderer Sorgfalt ausgearbeitet, handelt es sich doch dabei um sein Sondergebiet, die Textilindustrie, in der den farbigen Lichtwirkungen eine hervorragende Wichtigkeit zukommt. Die Ostwaldschen Arbeiten, die auf eine genaue Bestimmung der Farben und Farbtöne durch Vergleich mit den planvoll angeordneten, chemisch genau festgelegten und jederzeit wieder einstellbaren 680 Grundfarben hinausgehen, sind ausführlich gewürdigt. Der Verfasser verhehlt aber nicht, daß die Ostwaldschen Arbeiten, obwohl sie endlich Maß und Zahl in die Farbenlehre hineinbrachten, für den Textilfachmann nicht viel mehr als wertvolle Anregungen bieten. Auf diesem Gebiete sprechen noch viele andre Bedingungen mit, die Ostwald der Natur der Sache nach nicht berücksichtigen kann: denn „für die Erzielung bestimmter Farbeffekte durch die Struktur des Gewebes kommt es auf die Art der Reflexion der Lichtstrahlen sowohl von der äußeren Oberfläche als den tieferliegenden Schichten des Gewebes an". Hierfür ist vor allem die Lagerung und die gegenseitige Stellung der vom Faserstoff gebildeten reflektierenden Fläche bestimmend. Diese aber hängen ab von der Wahl der Rohstoffe, der Veredelung der Rohstoffe durch chemische Umwandlung, von der Bindung des Gewebes und endlich von der weiteren nachträglichen Behandlung der Oberfläche durch Rauhmaschine, Kalander, Presse usw. Die dem Buche beigegebenen fünf Stofftafeln verdeutlichen in bester Weise die Licht- und Farbwirkung bei verschieden behandelten Geweben.

Das Kapitel über die Bedeutung des Lichtes auf chemischem Gebiete befaßt sich mit der aufbauenden Wirkung des Lichtes. Die stärksten Einflüsse zeigen bekanntlich die kurzwelligen ultravioletten Strahlen; allerdings meist nicht ohne Gegenwart von Sauerstoff.

Ein Abschnitt über photochemische Verfahren beschließt dieses Kapitel. Besonders behandelt werden z. B. das Photogravurverfahren, die Dreifarbenphotographie und das Becquerel-Neuhaussche Ausbleichverfahren, das darauf beruht, daß die organischen Farbstoffe in einem Licht ausbleichen, dessen Farbe von ihrer eigenen verschieden ist, während sie in farbigem Lichte von ihrer eigenen Färbung beständig sind. Belichtet man also Papier, das mit lichtempfindlichem Gemisch aus den drei Grundfarben bestreut worden ist, so entsteht allmählich ein richtiges Farbbild.

Das letzte Kapitel über die Bedeutung des Lichtes auf physiologischem Gebiet ist, dem Zwecke des ganzen Buches entsprechend, recht kurz gehalten. Es geht besonders auf die Einwirkung des Sonnenlichts auf den menschlichen Körper und auf die Grundlagen der neuzeitlichen Lichttherapie ein.

Das Ganze ist leicht faßlich geschrieben und der Stoff übersichtlich angeordnet. [E 1029] Dr. G.

Schaltungen für Werkzeugmaschinen-Antriebe. Von B. Jacobi. Leipzig 1924, Hachmeister & Thal. 108 S. m. 68 Abb. Preis Gm. 0.80.

Beiträge zu einer Dynamischen Theorie des Eisenbahnoberbaues. Von Dr. Dreyer. München 1925, Albert Mahr. 63 S. m. 8 Abb. Preis Gm. 3.

Elektrische Anlagen im Tiefbau. Einrichtung, Betrieb u. Unfallverhütung. Berlin 1924, Tiefbau-Berufsgenossenschaft. 21 S.

Das Wesen des Gußbetons. Von G. Bethke. Berlin 1924. Julius Springer. 58 S. m. 33 Abb. Preis Gm. 3.30.

Über Extraktion u. Destillation der Braunkohle. Von Wilhelm Schneider. Halle a. S. 1922, Wilhelm Knapp. 72 S. Preis geh. Gm. 2.70, geb. Gm. 3.50.

Monographien über chem.-techn. Fabrikations-Methoden. Bd. 2: **Die Braunkohlenteer-Industrie.** Von Ed. Graefe. Halle a. S. 1922, Wilhelm Knapp. 115 S. m. 43 Abb. Preis geh. Gm. 5. geb. Gm. 5.90.

Laboratoriumsbücher f. d. chem. u. verwandte Industrien. Bd. 23: **Laboratoriumsbuch für die Kokerei und Teerproduktenindustrie der Steinkohle.** Von Konrad Keller. Halle a. S. 1923, Wilhelm Knapp. 128 S. m. 29 Abb. Preis Gm. 4.80.

Laboratoriumsbücher für die chem. u. verwandte Industrien. Bd. 6: **Laboratoriumsbuch f. d. Braunkohlenteer-Industrie.** Von Ed. Graefe. Halle a. S. 1923, Wilhelm Knapp. 144 S. m. 64 Abb. Preis geh. Gm. 5.40, geb. Gm. 6.30.

Die Theorie der Verbrennung. Von Heinrich Menzel. Dresden u. Leipzig 1924, Theodor Steinkopff. 120 S. m. 21 Abb. Preis Gm. 8.

Wasserstraßen-Jahrbuch 1924. Herausgeg. v. Dr. Zeitler und Dr. Ott. München 1924, Richard Pflaum. 327 S. m. zahlr. Abb. Preis Gm. 6.

Umwertungszahlen für vollkommene Gase. Von A. Gohmann und P. König. Halle a. S. 1923, Wilhelm Knapp. 72 S. Preis Gm. 4.50.

C. W. Kollatz, Die Fernmeldetechnik. Bd. 5: **Rundfunk für Alle.** 3. verb. u. erw. Aufl. Berlin 1925, Georg Siemens. 104 S. m. 51 Abb. Preis Gm. 2.50.

Grundriß der physikalischen Chemie. Von Arnold Eucken. 2. Aufl. Leipzig 1924, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 505 S. m. 99 Abb. Preis Gm. 10.

Elektrische Treppenbeleuchtung. Bearb. v. Ernst Neumann. Leipzig 1924, Hachmeister & Thal. 68 S. m. 67 Abb. Preis Gm. 2.

Treppenhausbeleuchtung und die dazugehörigen Schaltapparate. Von Georg Paul. Leipzig 1924, Hachmeister & Thal. 39 S. m. 29 Abb. Preis Gm. 1.20.

20 Jahre Technische Hochschule Danzig 1904 1924.

ANGELEGENHEITEN DES VEREINES.

Die vierundsechzigste Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure

findet am **Sonntag, dem 10.** und **Montag, dem 11. Mai 1925 in Augsburg** statt.

Der Hauptversammlung geht eine Versammlung des Vorstandsrates am Sonnabend, dem 9. Mai 1925 in Augsburg voran.

Anträge, die zu diesen Versammlungen zur Verhandlung kommen sollen, sind gemäß §§ 35, 37 und 46 der Satzung spätestens bis zum 7. Februar 1925 bei der Geschäftsstelle einzureichen.

Die Tagesordnung wird rechtzeitig veröffentlicht werden.

Dr. **G. Klingenberg,**
Vorsitzender des Vereines deutscher Ingenieure.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

NR. 4 SONNABEND, 24. JANUAR 1925 BD. 69

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 112.

Neuere englische Dampfturbinen[1].

Von E. A. Kraft, Berlin.

Beschreibung der Bauart und wesentlichsten Einzelheiten der neueren Turbinen folgender Firmen: C. A. Parsons & Co., English Electric Co., General Electric Co., Metropolitan Vickers Electrical Co., W. H. Allen Sons & Co., Belliß & Morcom, British Electric Plant Co., British Thomson-Houston Co., J. Carmichael & Co., J. Howden & Co., G. & Weir. Zusammenfassung der für den Entwurf der angeführten Beispiele maßgebenden Richtlinien.

Die Weltkraftkonferenz in London und die in der Britischen Reichsausstellung in Wembley ausgestellten Turbinen gaben Gelegenheit zu einer eingehenden Aussprache mit den ausländischen Turbinenfachgenossen. Die wesentlichsten Eindrücke bezüglich der neueren englischen Turbinen sind im folgenden festgehalten.

C. A. Parsons & Co., Ltd., Newcastle.

Eingehäuse-Einstrom-Überdruckturbine, Abb. 1. Der Frischdampf wird unmittelbar in das Turbinengehäuse geleitet und in kleinen Druckgefällen entspannt. Die Beschauflung wird in allen Stufen am ganzen Umfang beaufschlagt. Bei Überlast wird Frischdampf in eine mittlere Stufe eingeführt. Der Turbinenläufer ist als Trommel ausgebildet. Schaufellängen, mittlere Schaufelkreisdurchmesser und Schaufelaustrittwinkel nehmen entsprechend der Entspannung des Dampfes gegen das Austrittende zu. Meist sind vier Stufengruppen von verschiedenem Durchmesser vorhanden.

Bei der dargestellten Turbine besteht gegenüber kleineren Turbinen insofern ein Unterschied, als die letzten Laufschaufelreihen wegen des erforderlichen größeren Durchmessers aus Festigkeitsgründen auf besondern Laufscheiben befestigt sind, die auf die Trommel für den Hochdruck- und Mitteldruckteil vom hinteren Wellenende her aufgezogen werden. Die Laufscheiben berühren sich gegenseitig an Nabe und Umfang, so daß keine Axialschwingungen auftreten.

Der in der Richtung der Dampfströmung auftretende Schub wird durch drei Entlastungskolben und ein Drucklager am vorderen Wellenende aufgenommen. Der Leckdampf der Entlastungskolben wird durch Ausgleichleitungen in entsprechende Stufen der Turbine geleitet. Die Turbinengehäuse sind senkrecht zweimal geteilt. Das Hochdruckende besteht aus Stahlguß, die beiden Niederdruckteile sind aus Gußeisen hergestellt. Zum Abdichten der Welle gegen die Außenluft verwendet man 3000 Uml./min und in allen Fällen, wo die Stopfbüchsen gegen Luftleere abzudichten haben, Labyrinthstopfbüchsen, in denen lediglich Dampf das Dichtungsmittel bildet. Bei Maschinen mit 3000 Uml./min kommen bis zu Leistungen von 15 000 kW Kohlensegment-Dichtungsringe von quadratischem Querschnitt, die durch eine über den äußeren Umfang gelegte Schlauchfeder zusammengehalten werden, in An-

[1] Auszug aus einem am 7. Januar 1925 in der Technischen Hochschule im Berliner Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure gehaltenen Vortrag.

RZ 893 Z 1

Abb. 1. C. A. Parsons & Co., Ltd., Eingehäuse-Einstrom-Überdruckturbine, 20 000 kW, 1500 Uml./min.

Abb. 2. C. A. Parsons & Co., Ltd., Zweigehäuse-Zwillings-Überdruckturbine, 12 000 kW, 3000 Uml./min.

a Reaktionsbeschauflung im HD-Teil mit axial dichtenden Deckbändern. *b* Reaktionsbeschauflung im ND-Teil mit radialer Dichtung. *c* Haupteinströmöffnung. *d* Maschinenhausflur. *e* Ölspiegel im Betrieb. *f* ND-Dampfeinströmöffnung. *g* Abdampfstutzen.

wendung. Die Stopfbüchsen können ein- und ausgebaut werden, ohne daß man das obere Turbinengehäuse abzuheben braucht.

Der vordere Lagerbock aus Gußeisen enthält den Antrieb des Reglers und der Ölpumpe. Die Ölpumpe ist am untern Ende eines Zwischenstückes angeordnet, so daß sie infolge ihrer tiefen Lage stets vom Öl überflutet wird. Der Ölkühler ist in die Druckleitung der Pumpe eingeschaltet. Am vordern Wellenende befindet sich der Schnellschlußregler.

Zweigehäuse-Zwillings-Überdruckturbine. Diese Bauart ermöglicht, die Stufen auf zwei verhältnismäßig kurzen und steifen Wellen anzuordnen sowie den Niederdruckteil für Doppelstrom auszubilden. Die reine Überdruck-Zwillingsturbine hat Parsons seit 1900, als die erste 1000 kW-Anlage von 1500 Uml./min für Elberfeld gebaut wurde, stetig vervollkommnet. Die Doppelstrom-Anordnung des Niederdruckteiles wurde schon bei den ersten Parsonsturbinen von 1884 ausgeführt und weiter für die Eingehäuse-Kondensationsturbine verwandt. Da diese Bauart ermöglicht, größere Dampfmengen wirtschaftlich zu verarbeiten, hat man sie später auch für den Niederdruckteil der Zwillings-Kondensationsmaschinen benutzt.

Eine Turbine dieser Art von 12 000 kW und 3000 Uml./min, Abb. 2, war in Wembley ausgestellt. Sie besteht aus einem Hochdruck- und einem Niederdruckteil. Die Anzahl der hintereinandergeschalteten Laufschaufelreihen der ganzen Turbine beträgt 38. Annähernd ⅗ der Leistung werden von der Hochdruckturbine und je ⅕ von den beiden Teilen der Niederdruckturbine erzeugt. Die mittleren Durchmesser der einzelnen Stufengruppen betragen im HD-Teil 540, 670 und rd. 860 mm, im ND-Teil 1020, 1065 und 1110 mm, die Summe der Quadrate der Umfangsgeschwindigkeiten auf Schaufelmitte beträgt rd. 530 000.

Jeder Läufer besteht aus einem einzigen Schmiedestück aus Kohlenstoffstahl. Einzelne Scheibenräder und andre besondre Teile kommen nicht zur Anwendung. Um die Beschaffenheit des Baustoffes der Läufer im Innern festzustellen, hat man sie in der Mitte der Länge nach mit einer Bohrung versehen. Ausgleichkolben und -rohre hat nur die HD-Turbine. Beide Wellen sind bezüglich des Dampfschubs bei allen Belastungen ausgeglichen. Die Form der Dichtungsringe der Ausgleichkolben zeigt Abb. 3. Die Dichtung erstreckt sich auf radiale und axiale Richtung. Jeder Läufer wird am vordern Ende in einem Drucklager gehalten, das als Einscheibenlager mit beweglichen Druckklötzen *b* ausgebildet ist, Abb. 4. Die Gehäuse der Drucklager sind zweiteilig und die beiden Hälften durch Bolzen und Keile miteinander verbunden. Das ganze Drucklagergehäuse der HD-Turbine kann mit dem Turbinenläufer in axialer Richtung verstellt werden. Zur Einstellung, die auch während des Betriebes vorgenommen werden kann, dienen zwei Schraubenbolzen, die vorn in das Drucklagergehäuse eingeschraubt und am andern Ende in einer Gewindebüchse im vorderen Deckel des Lagerbockes gehalten werden. Hierfür sind an der Vorderseite des Lagerdeckels ein Handrad und zwei Schnecken vorhanden, s. a. Abb. 5. Die Längsbewegung ist durch Anschläge begrenzt. Da der Spaltverlust bei Überdruckturbinen auf die Wirtschaftlichkeit von großem Einfluß ist, so verschiebt der Maschinenführer beim Anfahren der Turbine den Läufer so weit nach vorn, bis ein leichtes

Gehäuse
einstellbares Axialspiel
Welle

Abb. 3. C. A. Parsons & Co., Ltd., Dichtungsringe der Ausgleichkolben.

Abb. 4. C. A. Parsons & Co., Ltd., Einstellbares Einscheiben-Drucklager der HD-Turbine.

a Druckring.
b Bewegliche Druckklötze.
c Druckklotzgehäuse mit Kugelsitz.
d Auflager für das Druckklotzgehäuse.
e Öleintritt für Druck- und Traglager.
f Ölaustritt aus Drucklager.

Abb. 5. C. A. Parsons & Co., Ltd., Einstellvorrichtung des HD-Drucklagers.

Pfeifen infolge Streifens der Deckbleche der Laufschaufeln an den zugehörigen Leitschaufeln hörbar, der Axialspalt also gleich null ist. Die Drucklager werden mit Drucköl geschmiert; das Öl läuft aus dem Drucklagergehäuse an der höchsten Stelle ab, so daß das Gehäuse stets ganz mit Öl gefüllt ist. Das Öl, das aus dem Drucklager der HD-Turbine austritt, wird zur Schmierung des Schneckenantriebes für den Regler und die Ölpumpe benutzt.

Die Beschauflung besteht durchweg aus Flußeisen. In der HD-Turbine sind die Schaufeln mit axial dichtenden Deckbändern versehen. Die Beschauflung des HD-Läufers ist insofern bemerkenswert, als Schaufeln und Füllstücke aus einem Stück bestehen und in einem besondern Walzverfahren hergestellt werden. Dabei werden die Fasern des Baustoffes in die für die Kraftaufnahme günstigste Richtung gebracht, und überdies bedingt dieser Arbeitsvorgang eine scharfe Prüfung, bei der etwaige Materialfehler ziemlich sicher hervortreten. Von der Fräsarbeit an den Wurzeln und Zapfen am Schaufelende abgesehen, wird an solchen Schaufeln keine Bearbeitung mehr vorgenommen.

Die Schaufeln werden dadurch befestigt, daß am Fuß der Schaufeln eingearbeitete Zacken in entsprechende seitliche Vertiefungen der Nuten des Läufers oder des Gehäuses eingreifen, Abb. 6 und 7. Die Schaufeln werden radial gleich an der entsprechenden Stelle des Umfanges eingesetzt und brauchen nur verdreht zu werden, damit die Zacken richtig in die seitlichen Vertiefungen der Nut eingreifen, Abb. 8. Da die Kanten *A*, *A* nahezu in gleicher Linie mit den Kanten *B*, *B* liegen, kann man die Schaufeln eindrehen, ohne daß die Enden in der Nut klemmen.

Abb. 6, 7 u. 8. C. A. Parsons & Co., Ltd., Leit- und Laufschaufeln.

a Leitschaufelreihe.
b Laufschaufelreihe.
c Schaufellänge.
d Deckband aus Kupfer.
e Strömungsrichtung.
f Verzahnte Paßstücke aus Kupfer.
g Versteifungsdraht aus Stahl.
h Schaufeln fest aneinander gepreßt.

Die Leitschaufeln der HD-Turbine und die Laufschaufeln der ND-Turbine haben besondere Füllstücke. Jede Schaufel wird vor dem Einsetzen mit dem zugehörigen Füllstück vernietet und hierauf verlötet. Die Schaufeln der HD-Turbine und die Laufschaufeln der ND-Turbine werden einzeln eingesetzt. Die Leitschaufeln des ND-Teiles dagegen werden zuerst auf einem durch den Schaufelfuß gehenden Draht aufgezogen und dann durch

Abb. 9. C. A. Parsons & Co., Ltd., Anordnung des Reglers der Ölpumpe, des Ölsiebes und der Hauptabsperrventile.

a Absperrschieber im ND-Einströmrohr.
b Überströmrohr von der HD- zur ND-Turbine.
c Dampfrohr zum HD-Speisewasser-Vorwärmer.
d Ölsieb.
e Anschluß der Hilfsölpumpe nach dem Steuerkolben.
f Rückschlagventil in der Öldruckleitung.
g Ölpumpe für den Steuerkolben.
h Saugleitung der Hilfsölpumpe.
i Hauptölpumpe für die Lager.
k Zum Ölkühler.
l Druckleitung der Hauptölpumpe.
m Hauptdampfeinlaß.
n Tachometer.
o Ölabfluß vom Drucklager.
p Geschwindigkeitsregler.
q Abfluß des Drucköls vom Ölhilfszylinder zum Ölbehälter.
r Auspuffanschluß ins Freie der HD-Turbine.
s Ölablaufleitung zum Ölsieb im Behälter.
t Schlammablaß.

Abb. 10. C. A. Parsons & Co., Ltd., Schnellschluß- und Hauptabsperrventil.

RZ 892 Z 10

a Luftpuffer für Schnellschlußventil; dient gleichzeitig zum Öffnen des Ventils durch Dampf. *b* Zugstangen zur Verbindung des Hauptabsperrventils mit dem Ölhilfszylinder. *c* Ölhilfszylinder. *d* Dampfeintritt. *e* Schnellschlußventil. *f* Dampfsieb. *g* Doppelsitz-Hauptabsperrventil.

Eintauchen in eine Lötlegierung verbunden, wodurch eine von der Geschicklichkeit des Arbeiters unabhängig gleichmäßige Verbindung erzielt wird. Die so gebildeten Gruppen werden dann durch kurze Paßstücke befestigt, die an den Seiten mit Zacken versehen sind und neben den Schaufeln am Umfang entlang in die Gehäusenut eingetrieben werden.

Das Gehäuse der HD-Turbine besteht, ausgenommen den Abdampfteil, aus Stahlguß, das der Niederdruckturbine ganz aus Gußeisen. Die unteren Hälften der nebeneinander liegenden Hochdruck- und Niederdruck-Abdampfteile sind in einem Stück gegossen und mit dem Fundament starr verbunden. Von diesem Festpunkt aus können sich die beiden Turbinen in der Längsrichtung nach vorn oder nach hinten ausdehnen. An der Niederdruckturbine sind zwei zu zwei besondern Kondensatoren führende Abdampfstutzen angeordnet. Damit in beiden Kondensatoren gleiche Luftleere herrscht, sind sie durch Ausgleichleitungen verbunden. Die HD- und die ND-Welle sind durch eine halbbewegliche Klauenkupplung verbunden, deren äußere Hälfte am vorderen Ende der Niederdruckwelle angeflanscht ist.

Abb. 9 zeigt die Anordnung des Reglers *p*, der Ölpumpe *i*, des Ölsiebes *d* und der Hauptdampfventile. Der federbelastete Regler ist auf einer wagerechten Welle angeordnet, die mittels Schnecke und Schneckenrad von der Turbinen-Hauptwelle angetrieben wird. Das andre Ende der wagerechten Welle treibt die Ölpumpe und das Tachometer *n* an. Die Verbindungsleitungen zwischen der HD- und der ND-Turbine sind durch Schieber absperrbar.

Am Einströmkasten, Abb. 10, sitzen das Schnellschluß- und das Doppelsitz-Hauptabsperrventil. Das Schnellschlußventil *e* wird bei normalem Betrieb gegen die Federkraft durch einen Hebel offen gehalten, den eine Klinke in seiner Stellung sichert. Beim Anfahren der Turbine muß Dampf über dem mit der Spindel des Schnellschlußventils verbundenen Kolben *a* zugeführt werden. Das Hauptabsperrventil *g* ist durch Zugstangen *b* mit einem Ölhilfszylinder *c* verbunden. Außer dem üblichen vom Regler betätigten Schnellschlußventil ist nämlich eine weitere Möglichkeit, die Turbine stillzusetzen, vorhanden. Diese besteht darin, daß ein Steuerkolben in der Druckleitung des Ölhilfszylinders bei unzulässiger Überschreitung der Betriebsdrehzahl die Öldruckleitung mit dem Ablaufbehälter verbindet, so

RZ 892 Z 11

Abb. 11.
C. A. Parsons & Co., Ltd., Anordnung des Überlastventils.

a Mechanisch betätigtes Überlastventil. *b* Erste Schaufelreihe. *c* Hebel zum Anheben des Hauptabsperrventils. *d* Ölhilfszylinder. *e* Reglergestänge. *f* Dampfsieb. *g* Hauptdampfrohr vom Absperrventil zur Turbine.

daß der Druck unter dem Kolben des Hilfszylinders sinkt und sich das Hauptabsperrventil, das nur durch den Öldruck offen gehalten wird, schließt. Die augenblickliche Änderung der Drehzahl bei Übergang vom unbelasteten Zustand auf Vollast beträgt 5 vH; die dauernde Schwankung 2½ vH.

Um den großen Lastschwankungen und Überlastungen, die im Eisenbahnbetrieb unvermeidlich sind, Rechnung zu tragen, kann man die Turbodynamo zwei Minuten lang auf 20 000 kW überlasten. Hierbei werden die ersten 15 Laufschaufelreihen mittels des Überlastventils, Abb. 11, durch eine Leitung überbrückt.

Die Hauptölpumpe für die Lauf- und Drucklager ist als Zahnradpumpe ausgebildet. Der Öldruck für die Lager beträgt 0,35 at. Für den Ölsteuerzylinder wird von der Welle der Hauptölpumpe eine Hilfsölpumpe der gleichen Bauart angetrieben, die auf 5 at Gegendruck fördert.

Die Turbine ist für Dampf von 17,6 at und 372°C vor dem Absperrventil und 95 vH Luftleere bestimmt und verbraucht bei der wirtschaftlichen Belastung 4,67 kg/kWh, entsprechend einem thermodynamischen Wirkungsgrad von 74,65 vH. Die Gewähr gilt für den Fall, daß der Turbine kein Dampf für Speisewasservorwärmung entnommen wird. Die Anlage ist aber mit Oberflächenvorwärmern für Speisewasservorwärmung in vier aufeinanderfolgenden Stufen versehen. Bei Vollast wird das Kondensat zunächst von 31 auf 34°C erwärmt und das niedergeschlagene Wasser über einen Wasserabscheider dem Kondensator zugeführt. Darauf wird das Speisewasser durch den ND-Vorwärmer geleitet und hier auf 57°C erwärmt. Im nächsten Vorwärmer wird der Abdampf der Dampfstrahlgebläse verwertet und die Speisewassertemperatur auf 63° gebracht. Für die vierte Stufe der Vorwärmung wird der Dampf der Überströmleitung von der HD- zur ND-Turbine entnommen und das Speisewasser mit 82° den Kesselspeisepumpen zugeführt. Auf dem Wege von den Pumpen zum Kessel strömt das Wasser dann noch durch einen weiteren Vorwärmer, der mit dem Abdampf der Pumpen geheizt wird. Die Endtemperatur des Speisewassers beträgt 98°. Bei Betrieb mit den Vorwärmern und bei dieser Endtemperatur des Speisewassers beträgt der Dampfverbrauch bei Normallast 4,8 kg/kWh.

Z w e i g e h ä u s e - Ü b e r d r u c k - T r i e b t u r b i n e. Anstatt HD- und ND-Turbine als Zwilling auf der gleichen Welle hintereinander kann man sie bei Anwendung von Übersetzungsgetrieben nebeneinander anordnen, um eine gedrängte Anlage zu erhalten, wobei jede ein besondres Ritzel antreibt. In dieser Anordnung hat man u. a. Turbinen mit 4000 Uml/min für den Antrieb von Gleichstromerzeugern von 3000 kW mit 300 Uml./min ausgeführt.

Als Vorteile solcher Anlagen sind zu nennen: kurze steife Turbinenwellen, geringe Gesamtlänge, hohe Wirtschaftlichkeit und billigere Getriebe, als wenn die gesamte

Abb. 12. C. A. Parsons & Co., Ltd., Gleichdruck-Überdruckturbine mit doppelter Anzapfung, 1250 kW, 5000 Uml./min.

Leistung über ein einziges Ritzel geleitet wird. Einer der wesentlichsten Vorteile, die sich durch die Zahnradvorgelege ergeben, ist die Verringerung der Abmessungen der Turbinen und ihrer Wellen. Bei höherer Drehzahl werden die Wellen nicht nur kleiner im Durchmesser, sondern auch kürzer. So beträgt z. B. die Gesamtlänge der Welle einer Parsons-Turbine von 1000 kW und 3000 Uml./min 3885 mm, die Wellenlänge einer Triebturbine von gleicher Leistung und 5000 Uml./min nur 3305 mm. Verwendet man statt des ersten Teiles der Überdrucktrommel ein Geschwindigkeitsrad, so verringert sich die Wellenlänge auf 2440 mm.

G l e i c h d r u c k - Ü b e r d r u c k t u r b i n e. Für Leistungen von 1000 kW und darunter ersetzt Parsons den ersten Teil der Überdrucktrommel durch ein Gleichdruckrad, das je nach dem Frischdampfdruck und der Drehzahl einen bis drei Schaufelkränze hat. In diesem Aufbau werden z. B. 100 kW-Turbinen für den unmittelbaren Antrieb von Turbokompressoren oder für den mittelbaren Antrieb von Gleichstromdynamos mit 5000 Uml./min ausgeführt. Für 350 kW Leistung beträgt die Drehzahl der Turbinen von gleichem Aufbau 7500 Uml./min. Eine in Wembley ausgestellte Turbotriebdynamo von 175 kW war für 10 000 Uml./min der Turbinenwelle entworfen.

Bei diesen Turbinen wird das Gleichdruckrad teilweise beaufschlagt, bis zur halben Last durch eine Anzahl von Düsen an der unteren Gehäusehälfte. Für die höheren Belastungen werden auch die Düsen in der oberen Gehäusehälfte geöffnet, während für Überlast Frischdampf unmittelbar in den Überdruckteil geleitet wird. Die der Belastung der Maschine entsprechenden Ventile werden nacheinander geöffnet. Der gesamte Dampf strömt, bevor er zu den Düsen gelangt, durch das Schnellschlußventil. Im übrigen sind die Einzelheiten dieser Turbine ähnlich denen von reinen Überdruckturbinen. Hoch- und Mitteldruckteil des Turbinengehäuses bestehen aus Stahlguß.

Die Gleichdruck-Überdruckturbine eignet sich besonders für Anzapfbetrieb für Heiz- oder industrielle Zwecke, s. Abb. 12. Die gesamte Frischdampfmenge strömt durch die Düsen und die Beschauflung der ersten Stufe und wird bei *a* abgeleitet. Wird nicht die gesamte Dampfmenge entnommen, so wird der Rest bei *b* wieder in die Turbine geleitet und in einer Anzahl von Stufen auf niedrigeren Druck entspannt, bevor er bei *c* wieder ganz abgeleitet wird. Die überschüssige Danmpfmenge wird hierauf bei *d* nochmals in die Turbine geleitet und im Niederdruckteil bis auf den Enddruck entspannt. Bei *a* und bei *c* bringt

Abb. 13.
C. A. Parsons & Co., Ltd.,
Selbsttätiges Regelventil für Anzapfung.

a Hand-Einstellvorrichtung, Anzapf-Dampfdruckregler.
b Dampfkolben zur Betätigung von *c*.
c Regulierschieber.
d Auspuff ins Freie vom Regulierschieber.
e Verbindung der Anzapfstelle mit *a*.
f Einströmung des gesamten aus der Turbine ausströmenden Dampfes.
g Austritt des Anzapfdampfes.
h Spindel zum Anzeigen der Stellung des Doppelsitzventils.
i Regulierkolben.
k Ventil für Frischdampfzuführung unter *i*.
l Sicherheitsventil.
m Doppelsitzventil, eingestellt durch den Druckregler auf gleichbleibenden Druck.
n Wiedereintritt des überschüssigen Dampfes in die Turbine.

RZ 892 Z 14

Abb. 14. C. A. Parsons & Co., Ltd., Anordnung einer 50 000 kW-Turbodynamo.

a HD-Turbine.
b MD- „
c ND- „
d 15 000 kW Stromerzeuger.
e 30 000 kW „
f 5000 kW „
g Dampf von den Überhitzern.
h Hauptabsperrventil.
i Zum Zwischenüberhitzer.
k Auspuff ins Freie.
l HD-Dampfkasten.
m Zur MD-Turbine, wenn die Zwischenüberhitzung nicht angewandt.
n 3. Stufe des Speisewasser-Vorwärmers.
o Vom Zwischenüberhitzer.
p Senkrechter Oberflächen-Kondensator.
q 2. Stufe des Speisewasser-Vorwärmers.
r 1. „ „ „ „

man besondere Regelventile an, um den Dampfdruck unveränderlich zu erhalten, Abb. 13. Hinter den Anzapfstellen *a* und *c*, Abb. 12, hat die Turbine Dichtungsringe, damit die gesamte Dampfmenge in die Regelventile eintritt. Die Turbinen können mit Kondensation oder reinem Gegendruck verwendet werden, wobei man eine geringe Dampfmenge durch die Niederdruckbeschauflung leitet, um zu große Erwärmung zu verhindern.

Mehrgehäusige Turbinen für große Leistungen. Für Leistungen von 50 000 kW werden drei Dampfgehäuse hintereinandergeschaltet, wovon jedes eine besondre Dynamo antreibt. Die Dynamos sind elektrisch parallel geschaltet, Abb. 14. Die Drehzahl der HD- und MD-Turbinen beträgt 1800, die der ND-Turbine 720 Uml./min. Die Leistungen der beiden erstern betragen 15 000 und 30 000, die Leistung der ND-Turbine 5000 kW.

Bei einem Kesseldruck von z. B. 42,2 at und 38,7 at und 400 °C vor dem Absperrventil der Turbine wird der Dampf in der HD-Turbine bis auf 7 at entspannt und hierauf durch eine gut isolierte Leitung dem Zwischenüberhitzer im Kesselraum zugeführt. Der Zwischenüberhitzer kann durch eine unmittelbare Verbindung der Turbinen auch ausgeschaltet werden. Die Dampftemperatur beträgt dann vor der MD-Turbine 382 °C, der Druck hinter dieser 0,14 at abs. Wegen der niedrigen Drehzahl der ND-Turbine können die Durchmesser groß und die Schaufeln lang bemessen werden, so daß sich sehr reichliche Dampfquerschnitte ergeben. Man kann daher in der letzten Stufe normale Schaufelprofile mit nur etwas größeren Austrittwinkeln anwenden. In Abb. 15 ist ein Schnitt durch die Mitteldruck- und Niederdruck-Turbinen dargestellt. Bemerkenswert ist die Überströmung von der MD- zur ND-Turbine, die als kegeliger Ringkanal mit reichlichem Querschnitt ohne Richtungswechsel ausgebildet ist und das Lager zwischen den Turbinen umschließt.

Die drei Turbinengehäuse enthalten zusammen 64 hintereinandergeschaltete einkränzige Stufen. Die Schaufeln der ersten Stufe sind bei einem mittleren Schaufelkreis-Durchmesser von 768 mm 64 mm lang und 19 mm breit, die der letzten Stufen bei einem mittleren Schaufelkreis-Durchmesser von 4064 mm 1016 mm lang und 85,7 mm breit. Der äußere Durchmesser des ND-Läufers beträgt somit über 5 m. Die Schaufeln werden aus Stahl und mit dem verstärkten Fußende aus einem Stück gewalzt und im Läufer und Gehäuse in gerillten Nuten befestigt. In der HD-Turbine und der ersten Hälfte der MD-Turbine tragen die äußeren Schaufelenden axial dichtende Deckbleche aus Mangan-Kupfer, die nach dem Vernieten mit den Zapfen der Schaufelenden verlötet werden. Das kleinste radiale Spiel dieser Schaufeln beträgt 6,5 mm, der axiale Spielraum der Beschaufelung zwischen 3,2 und 6,4 mm. Die größte Umfangsgeschwindigkeit ergibt sich in den letzten Stufen der MD-Turbine, in der ND-Turbine erreicht die Umfangsgeschwindigkeit auf Mitte der Schaufeln rd. 190 m/s.

Jede der drei Turbinen ist mit einem Schnellschlußventil versehen; die Ventile sind untereinander so verbunden, daß jedes von ihnen alle Dampfeintrittventile abstellt und gleichzeitig ein Drosselventil zum Vernichten der Luftleere öffnet. Ungefähr ¼ der gesamten Dampfmenge wird in dreifacher Anzapfung zur Speisewasservorwärmung verbraucht. Das Speisewasser wird in drei Stufen vor dem Eintritt in die Vorwärmer von 18 auf 157 °C erwärmt. [B 892] (Forts. folgt.)

RZ 892 Z 15

Abb. 15. C. A. Parsons & Co., Mitteldruck- und Niederdruckteil einer 50 000 kW-Turbodynamo.
a kegeliger Ringkanal.

Die Kablitz-Überschubfeuerung.

Von Dipl.-Ing. Harry Fahrbach, Riga.

Die Eigenart der von der Gesellschaft Richard Kablitz hergestellten Überschubfeuerung wird erläutert und die Überlegenheit des Überschubes gegenüber Parallel- und Unterschubfeuerungen durch Ergebnisse von Betriebs- und amtlichen Verdampfungsversuchen nachgewiesen, bei denen außerordentlich hohe Wirkungsgrade festgestellt wurden.

Die ständig wachsenden Kesselleistungen (50 kg/m²h bei 35 at und 400 °C), die hohen Spitzenbelastungen und die Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit haben den maschinentechnischen Ausschuß der Vereinigung der Elektrizitätswerke im Jahre 1923 veranlaßt, den Herstellern von Feuerungen und Kesseln Versuche mit einem Ersatz für den Wanderrost zu empfehlen[1]). Der Kettenrost verbrennt wirtschaftlich nur 100 bis 150 kg/m²h guter Kohle, während die Lokomotivfeuerungen, die mit der Hand beschickt werden, 300 bis 400 kg/m²h verbrennen können und bei besserer Anpassung an Leistungsschwankungen bisweilen sogar wirtschaftlicher arbeiten.

Der Hauptmangel mechanischer Feuerungen besteht darin, daß die Kohlenschicht auf dem Rost nach hinten zu immer dünner wird, während gleichzeitig die den Rost schützende Schlackenschicht abwandern muß (Wanderrost, Plutostoker, Düsseldorfer Sparfeuerung usw.); ferner haben alle Kohlenschichten die gleiche Geschwindigkeit, die die Rückbrenngeschwindigkeit nicht überschreiten darf, weil sonst bei nassen, steinigen oder gasarmen Brennstoffen oder bei erhöhter Anstrengung der Rost mit kalter Kohle belaufen wird. Diese sogenannte parallelschiebende Kohlenbewegung ist die gebräuchlichste; die Kohlenbewegung, bei der die kalte Kohle unter die heiße geschoben wird (Erith, Jones, Fama, Sulzer usw.), leistet noch weniger und eignet sich nur für gasreiche Kohlen.

Bei der Handfeuerung sind die großen Leistungen nur dadurch möglich, daß man die kalte Kohle auf die glühende wirft. Beim Versuch, diesen Gedanken auszubauen und zu mechanisieren, hat aber die Verbindung von Wurffeuerung und Kettenrost nicht zum Ziel geführt. Dagegen könnte man bei der Vorwärtsbewegung der Kohle die einzelnen Kohlenschichten so gegeneinander verschieben, daß die oberen Schichten rascher als die unteren vorrücken, so daß sich die kalte Kohle allmählich über die langsamer wandernde glühende schiebt und beim natürlichen Durchbrennen von unten nach oben wie beim Handbeschicken schnell entzündet wird.

[1]) Mitt. der Vereinigung der Elektrizitätswerke 1923, Nr. 339.

Aufwerfen und Entzünden der Kohle, Abbrennen und Abstoßen der Schlacke vollziehen sich dann gleichmäßig hintereinander. Zu den bekannten Feuerungen mit parallelschiebender und unterschiebender Kohlenbewegung tritt somit als dritte Type die Überschubfeuerung, die das Aufwerfen der Kohle mit der Hand in mechanische Form umsetzt. Das Verfahren läßt sich praktisch zunächst nur an einer Stokerfeuerung (Plutostoker, Düsseldorfer Sparfeuerung usw.) verwirklichen. Solche Feuerungen haben außerdem den Vorzug, daß infolge der Relativbewegung der langen Roststäbe gegeneinander eine Selbstreinigung der Rostspalten erfolgt, keine Krater entstehen und etwaige Schlackendecken zerstört werden.

Die Anfänge der praktischen Verwirklichung der Überschubfeuerung liegen etwa 10 Jahre zurück. Im Jahre 1920 traten auf Betreiben der Gesellschaft Richard Kablitz in Riga die Firmen Siemens-Schuckert-Werke, AEG, Linke-Hofmann-Werke, Bamag, Hanomag und Steinmüller zur Ausführung des neuen Gedankens zusammen. Sie bauten mehrere Versuchsanlagen, wovon die bei den Linke-Hofmann-Werken in Breslau noch heute mit verschiedenen Brennstoffen im Betrieb ist und u. a. die Kohlenabfälle der Schmiede- und Kettenrostfeuerungen des Werkes verwertet.

Die neueste Bauform der Kablitz-Feuerung für ein Kraftwerk ist in Abb. 1 wiedergegeben. Sie ist an einem Dreitrommel-Steilrohrkessel mit gebogenen Rohren angeordnet, der mit dem Rippenrohr-Vorwärmer, Bauart Kablitz[2]), versehen ist. Die Wärmedurchgangszahl dieses Vorwärmers wird durch selbsttätige Aschenbläser sehr hoch gehalten, so daß die Abgase gut ausgenutzt werden ($k = 14$ bis 16).

Die Wirtschaftlichkeit dieser Anlage wird durch die in Zahlentafel 1 zusammengestellten Versuchsergebnisse bewiesen, wobei namentlich der geringe Gehalt der Schlacke an Unverbranntem hervorzuheben ist.

Der Rost der Überschubfeuerung besteht aus drei gleichen Teilen, deren Hub man von außen einstellen kann, um an beliebiger Stelle eine beliebige Schichthöhe zu erzielen. Alle Enden der Roststäbe liegen auf wassergekühlten Balken: die eine Hälfte der Stäbe ist in die Balken fest eingehakt, die andre bewegt sich dazwischen hin und her. Ein Flacheisenrahmen, den eine in Kardangelenken gelagerte, im freien Raum unter dem Kohlenbunker untergebrachte Antriebmaschine hin- und herbewegt, überträgt diese Bewegung mittels Quereisen auf Mitnehmernasen, die unten an die Roststäbe angegossen sind. Mittels dieser Quereisen kann man den toten Gang und dadurch den Rosthub ändern.

Abb. 1. Kablitz-Überschubfeuerung.
Die Zahlen 1. 2. 3. 4 deuten die gegenseitige Bewegung der einzelnen Kohlenschichten an, s. a. Abb. 2.

[2]) Z. Bd. 56 (1912) S. 1741

Zahlentafel 1. Versuche an einem Kessel mit Kablitz-Überschubfeuerung.

	Normaler Betrieb			Abnahmeversuch
Versuchstag	26. 6. 24	19. 9. 24	9. 10. 24	13. 11. 24
Versuchsdauer . . . h	7	5	6,75	7.82
Kesselheizfläche . . . m^2	600	600	600	600
Überhitzer-Heizfläche . . . „	160	160	160	160
Heizfläche des Rauchgasvorwärmers . . . „	600	600	600	600
Rostfläche der Überschubfeuerung . . . „	11	11	11	11
Kohle				
Heizwert (South Yorkshire) . . . kcal/kg	7 200	7 150	7 261	6 861
verfeuert auf 1 m^2 Rostfläche, im Mittel . . . kg/h	174	163	176	150
„ „ 1 „ „ höchstens . . . „	242	179	224	180
„ „ 1 „ „ mindestens . . . „	128	130	162	139
Herdrückstände . . . vH	5,1	4,8	6,8	2,8
Verlust durch Unverbranntes . . . „	0,5	0,5	0,75	0,19
Speisewasser				
mittl. Wassermenge . . . kg/h	15 900	14 600	15 800	13 958
desgl. auf 1 m^2 Heizfläche . . . „	26,5	24,4	26,3	23.2
Wassererwärmung im Vorwärmer . . . °C	130 — 41 = 89	122 — 40 = 82	125 — 32 = 93	127 — 37 = 90
Dampf				
Überdruck . . . at	14,5	14.5	14.1	14,4
mittl. Temperatur . . . °C	384	384	396	369
mittl. Verdampfziffer . . .	8,3	8,3	8 15	8,46
Gasabkühlung im Vorwärmer . . . °C	345 — 156 = 189	275 — 111 = 164	312 — 138 = 174	318 — 135 = 183
Luftdruck unter dem Rost . . . mm W.-S.	37	28	42	17,2
Zug über dem Rost . . . „ „	5	5	5	6,2
mittl. Kohlensäuregehalt am Kesselende . . . vH	10,70	11,30	10,41	12,02
Wärmebilanz				
im Kessel nutzbar gemacht . . . vH	62,3	63,8	61,3	67,0
„ Überhitzer „ „ . . . „	11,7	11,8	12,2	11,6
„ Vorwärmer „ „ . . . „	10,3	9,4	10,5	11,1
Abgasverlust . . . „	8,8	5,85	7 5	6,3
Restverlust . . . „	6,9	9,15	8,5	4,0
vH	100,00	100,00	100,00	100 00
Wirkungsgrad der Kesselanlage . . vH	**84,3**	**85,0**	**84,0**	**89,7**
Dampfverbrauch des Gebläses . . . „	—	—	—	0,23
„ der Antriebmaschine . . . „	—	—	—	0,25

Der Kohlenkasten enthält den Höhenschieber und den Kohlenvorschubkolben, der ebenfalls von dem schmiedeeisernen Rahmen mitgenommen wird. Jede Feuerung besteht somit aus dem Vorderteil, dem aus 81 unbearbeiteten Roststäben von je 30 kg Gewicht bestehenden Rost und der Antriebmaschine, die mit Dampf oder Druckwasser von rd. 2 at bereits betrieben werden kann.

Bemerkenswert ist der große freie Raum unter dem Rost, der durch die natürliche Luftspülung stets kühl bleibt und auch während des Betriebes begehbar ist. Von hier aus kann man einzelne Roststäbe jederzeit aushaken, nach oben ausstoßen und von unten einen neuen einschieben.

Wie ersichtlich, läßt sich die Feuerung unmittelbar unter dem Kessel ohne Strahlgewölbe unterbringen. Auch bei sehr ungünstiger Kohle wird der Rost nicht übermäßig angegriffen, weil die Enden der Stäbe gekühlt werden und die Rippenform auch die Luftkühlung begünstigt.

Abb. 2 zeigt die Beweglichkeit der Kohlenschichten, aufgenommen an einem Studienmodell mit vorgelegtem Glasfenster. Der Überschub wird dadurch erzielt, daß man quer über die ganze Rostfläche besonders geformte Querschwellen anordnet. Das Diagramm zeigt deutlich die Wirkung dieser Querschwellen. Das oberste Kohlenteilchen macht von 1 bis 8, also in 7 Hüben, etwa den doppelten Weg des untersten Teilchens. Die unterste Kohlenschicht geht am langsamsten vorwärts. Jede höher liegende wandert schneller. Die gleiche Überschubbewegung der Kohle ist auch durch die eingezeichneten Kurven in Abb. 1 angedeutet.

Abb. 2. Darstellung der Beweglichkeit der Kohlenschichten bei der Kablitz-Überschubfeuerung.

Daß dieser Überschub nur durch die Querschwellen erzeugt wird, ersieht man deutlich aus Abb. 2, wo hinter dem zweiten Buckel, also dort, wo die Rostoberfläche glatt oder geradlinig verläuft, die Geschwindigkeit in den übereinander liegenden Kohlenschichten gleich bleibt (die Punkte 20, 17, 16 und 15) liegen nach 6 Hüben noch genau so übereinander wie vorher 14, 11, 10 und 9; hier also, wo keine Buckel angeordnet sind, haben wir Parallelschub. [B 650]

Die Chemie auf der Londoner Weltkraftkonferenz.

Von Prof. Dr. H. Großmann, Berlin.

Die behandelten Vorträge ergeben ein Bild der Entwicklung der elektrochemischen Industrie in den verschiedenen Ländern. Allgemein hat die Aufmerksamkeit für eine zweckmäßige Ausnutzung der Brennstoffe (Tieftemperaturverkokung, Vergasung, Verschwelung usw.) zugenommen. In den kohlenarmen Ländern beschäftigt man sich eingehend mit der Verwendung minderwertiger Brennstoffe wie Torf und Ölschiefer. Bemerkenswerte Einzelergebnisse sind die Ausnutzung von Naturgasen und die Heranziehung des Alkohols als Kraftquelle für tropische Länder.

Obwohl die erste Weltkraftkonferenz zu London-Wembley[1]) keine besondere chemische Abteilung aufzuweisen hatte, haben nicht nur zahlreiche Chemiker aller Länder an ihr teilgenommen, sondern es sind auch in den verschiedenen Abteilungen der Konferenz wichtige Fragen chemischer Natur eingehend erörtert worden, und zwar:

die Entwicklung der elektrochemischen Industrie in einzelnen Ländern, worüber einige sehr eingehende Berichte vorlagen;

die Benutzung der Wasserkräfte für elektrochemische Zwecke, auf die z. T. in verschiedenen Vorträgen, allerdings nur nebenbei, hingewiesen wurde;

die Ausnutzung der verschiedenen festen und flüssigen Brennstoffe zur Gewinnung chemischer Erzeugnisse (Torf, Braunkohle, Ölschiefer, Erdöle, Steinkohle);

die neueren Versuche zur Überführung von Kohle in flüssige Brennstoffe, worüber sich besonders F. Fischer, Mühlheim, verbreitete, dessen Vortrag unverkürzt in dieser Zeitschrift erschienen ist[2]), und endlich

Einzelfragen, wie die Bindung des Stickstoffs und die Verwertung des Alkohols als Kraftquelle.

Die elektrochemische Industrie einzelner Länder.

In der Abteilung Elektrochemie und Metallurgie wurden einige Übersichtsberichte über den Stand der elektrochemischen Industrie in Österreich, Schweden, Norwegen, Italien, England und den Vereinigten Staaten vorgelegt, während die den Vorträgen folgenden Erörterungen einige ergänzende Angaben über Frankreich und Canada brachten.

Nach dem Bericht von A. Paweck nimmt der jetzt sehr klein gewordene Staat Deutsch-Österreich auf dem Gebiete der elektrochemischen Industrie doch eine bemerkenswerte Stelle ein, die er nicht nur der verhältnismäßig großen Zahl seiner Anlagen verdankt, sondern vor allem auch dem Erfindungsgeist seiner Fachleute, die gerade in dieser Industrie z. T. bahnbrechend gewirkt haben. Österreichischen Ingenieuren und Chemikern verdankt die elektrochemische Industrie besonders folgende technischen Erfindungen: K. I. Bayer, die Gewinnung der Tonerde aus Bauxit, Kellner, die Gewinnung des Ätznatrons, des Chlors und des Hypochlorids nach seinem Quecksilberverfahren der Alkalichlorid-Elektrolyse, Helfenstein, die Gewinnung des Kalziumkarbids, dessen technische Herstellung durch die Bosnische Elektrizitätsgesellschaft und Helfenstein wesentlich verbessert wurde, Auer von Welsbach, die Erfindung des Zereisens, Dr. Billeter, die Einführung des Diaphragmaverfahrens in der Industrie des Ätznatrons und Chlors, Pfannhauser, die großen Verbesserungen in der Galvanotechnik, Dr. Teichner, die Herstellung von Wasserstoffsuperoxyd in der Anlage zu Weißenstein und endlich Dr. Paweck selbst, die elektrolytische Verzinkung.

Gegenwärtig werden in Österreich in 12 größeren elektrochemischen Betrieben, die etwa 1 Mill. PS verbrauchen, folgende Erzeugnisse hergestellt: Kupfer, Gold und Silber, die elektrolytisch geschieden werden, Aluminium, Eisenlegierungen, Elektrostahl, Natrium, Chlor, Kalziumkarbid, Elektroden, Stickstoffverbindungen aus der Luft usw.

Im Jahre 1913 wurden in der elektrochemischen Industrie Österreich-Ungarns etwa 100 000 PS verbraucht, die zum größten Teil von Wasserkräften geliefert wurden. Das heutige Deutsch-Österreich verfügt dagegen allein auf seinem gesamten Staatsgebiet über eine verfügbare Kraftmenge von 2 Mill. PS[3]). Bei vollkommener Ausnutzung dieser Energie würde Österreich in der Lage sein, ein Drittel seiner Kohleneinfuhr durch Wasserkraft zu ersetzen.

In einem Anhang zu seinem Vortrage hat Paweck eine Schilderung des neuen Instituts für technische Elektrochemie der Technischen Hochschule in Wien gegeben, das anscheinend besonders gut dafür eingerichtet ist, um auch die Studierenden die Herstellung der wichtigsten Erzeugnisse der elektrochemischen Industrie in etwas größerem Umfang als dem üblichen Laboratoriumsmaßstab zu lehren.

Wesentlich größere Bedeutung hat die elektrochemische Industrie Schwedens, über die Prof. W. Palmaer vom Technologischen Institut in Stockholm eingehend berichtete[4]). Schon ein Blick auf Zahlentafel 1 zeigt, daß die elektrochemische Industrie Schwedens während des Krieges einen außerordentlichen Aufschwung genommen hat.

Zahlentafel 1.

Jahr	Zahl der Fabriken	Kraftverbrauch kW	Wert der Erzeugung in 1000 schwed. Kronen
1904	8	9 000	4 500
1908	10	13 500	7 500
1911	14	25 000	11 000
1913	22	60 000	20 000
1915	36	78 000	31 000
1917	75	126 000	55 000

Die große Zunahme der Zahl der Fabriken von 1915 bis 1917 hängt z. T. mit der Ausdehnung der Elektrostahlindustrie zusammen, die jedoch nach der Beendigung des Krieges wieder eine erhebliche Einschränkung hat erfahren müssen. Überhaupt hat die elektrochemische Industrie Schwedens einen ähnlichen Umfang wie i. J. 1917 bisher noch nicht wieder erreicht, und insbesondere sind die Anlagen für die Gewinnung von Eisenlegierungen z. Z. weit geringere Abnehmer für elektrische Energie als vor dem Abschluß des Waffenstillstandes, da sie gegenwärtig kaum 20 vH des Kraftverbrauchs gegenüber dem Jahr 1917 in Anspruch nehmen. Die elektrochemische Industrie Schwedens stellt vor allem folgende Erzeugnisse her: Stahlsorten und Eisenlegierungen mit Mangan, Silizium, Chrom und Molybdän, ferner Elektrolytblei und Zink, das nach dem elektrothermischen Verfahren von De Laval am Trollhättanfall in sehr reiner Form gewonnen wird, ferner Kupfer, Magnesium, Zer und Natrium. An chemischen Erzeugnissen werden außer Kalziumkarbid und Kalkstickstoff Salpetersäure, Ätznatron, Chlor, Bleichlaugen, Chlorate und Perchlorate, Wasserstoff und Sauerstoff, künstlicher Elektrodengraphit, Karborundum und Alundum sowie Schwefelkohlenstoff hergestellt. Die elektrochemische Industrie Schwedens ist nach dem Umfang und der Leistung ihrer Anlagen bedeutend.

Innerhalb der elektrochemischen Industrie Norwegens nimmt die Stickstoffindustrie, die durch das Flammenbogenverfahren von Birkeland und Eyde und das Kalkstickstoffverfahren von Frank und Caro vertreten ist, eine besondere Stellung ein. Über die allgemeine Frage der Stickstoffverbindung lag eine ausführliche Mitteilung von Dr. B. F. Halverson vor, die eine ausführliche untersuchende Schilderung der verschiedenen Verfahren zur Bindung des Stickstoffs brachte. Der Verfasser ist geneigt, das Verfahren von Birkeland und Eyde als den wirtschaftlich einfachsten und gewinnbringendsten Vorgang anzusehen, der von dem billigsten Rohstoff, der atmosphärischen Luft selbst, ausgeht. Gegenüber dem Kalkstickstoffverfahren verbraucht dieser Vorgang allerdings weit mehr elektrischen Strom, aber dafür befindet

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 478.
[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 18.
[3]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) Nr. 10, Österreich.
[4]) s. a. Bd. 68 (1924) Nr. 11, Schweden.

sich das Flammenbogenverfahren wenigstens in Norwegen in einer günstigeren Lage, als es viel weniger Kohlen und Arbeitslohn, auf die Stickstoffeinheit berechnet, erfordert und außerdem in seinen Enderzeugnissen, den Verbindungen der Salpetersäure, Düngemittel von höherem Wirkungsgrad liefert als das Verfahren von Frank und Caro.

Die drei wichtigsten Verfahren zur Bindung des Stickstoffs, die nur für norwegische Verhältnisse gelten, werden verglichen. Unter den völlig veränderten Verhältnissen der Nachkriegzeit erscheinen alle Berechnungen über die Herstellungskosten der verschiedenen Verfahren zur Bindung des Stickstoffs höchst unsicher. Man kann kaum einmal genau bestimmen, wie das Wertverhältnis zwischen Salpeter, Ammoniak- und Zyanamidstickstoff aufzufassen ist. In Norwegen läßt sich immerhin der Stromverbrauch einer Tonne gebundenen Stickstoffs bei der Herstellung des Kalkstickstoffs auf etwa 2,5 kW im Jahr zuzüglich etwa 3 t Kohle veranschlagen, während zur Herstellung von Ammoniak auf katalytischem Wege etwa 2,5 kW in einem Jahr und zur Gewinnung von Salpetersäure nach dem Lichtbogenverfahren weniger als 2 kW in einem Jahr erforderlich sind, falls der übrigbleibende Betrag an Strom in Form von Wärme ausgenutzt wird. Dies scheint jedenfalls bei den großen Werken der Norsk Hydro in Norwegen der Fall zu sein, die in diesem Land als die größten Erzeuger von gebundenem Stickstoff den übrigen Erzeugern überlegen sind. In andern Ländern gelten derartige Überlegungen natürlich nicht, es muß stets besonders das Verfahren festgestellt werden, das zur Bindung des Stickstoffs die größten Vorteile bietet.

Elektrochemie und Wasserkraft.

Mit der Ausnutzung der Wasserkräfte der elektrochemischen Industrie Norwegens befassen sich noch zwei weitere Berichte von J. Kristensen über die norwegischen Wasserkräfte und von S. Kloumann über die wirtschaftliche Bedeutung der norwegischen Wasserkräfte im Hinblick auf die Industrie Europas. Nach Kristensen entfallen etwa 42 vH der norwegischen Wasserkräfte auf elektrochemische und elektrometallurgische Betriebe, die sich gegenwärtig nur z. T. in voller Tätigkeit befinden. Der Gesamtbetrag an Strom, der in den dazugehörigen Kraftanlagen verfügbar ist, beträgt 766 000 PS. Die Verwendung der Wasserkräfte für chemische Zwecke hat erst im Jahre 1905 angefangen und war bis zu dieser Zeit im wesentlichen auf die Zellstoffindustrie beschränkt gewesen. Ein weiterer bedeutsamer Aufschwung erfolgte von 1915 ab. Im einzelnen erstreckt sich die Tätigkeit der elektrochemischen Industrie Norwegens auf die Herstellung folgender Erzeugnisse: Karbide, Ferrosilizium, Aluminium, Zink, Eisen, Kalk-Natron- und Ammonsalpeter, Natriumnitrit, konzentrierte Salpetersäure, Elektrostahl.

Die Bedeutung kleiner Wasserkraftanlagen und ihre elektrothermische und elektrochemische Belastung wurde von dem Engländer G. Boex ausführlich erörtert. Nach ihm hat man mit Unrecht die kleinen Wasserkraftanlagen von 2000 bis 3000 PS allzu sehr vernachlässigt, obwohl solche Anlagen sich z. B. für die Elektrolyse sehr gut eignen würden. Die Gewinnung von Kalziumkarbid und Aluminium kommt für solche kleinen Anlagen nicht in Frage. Am Schlusse seiner recht eingehenden wissenschaftlichen Auseinandersetzungen, die sich vor allem mit den Kosten der Aluminiumgewinnung in der British Aluminium Co. befassen, werden die auf Grund der Literatur errechneten Herstellungskosten verschiedener elektrochemischer bzw. elektrothermischer Erzeugnisse und Eisenverbindungen in einer Tafel zusammengestellt. Hieraus läßt sich dann immerhin ein gewisser Schluß ziehen, ob eine bestimmte Wasserkraftquelle die Herstellung eines der betreffenden Erzeugnisse als wirtschaftlich erscheinen läßt. Nach Angabe von Boex wäre es jedenfalls möglich, vor allem verschiedene Eisenlegierungen und unter ihnen besonders chromhaltige sowie Schleifmittel aus Tonerde und Siliziumkarbid, Elektrolyteisen und reines Zink in der Nähe von kleineren Wasserkräften, die von den Verbrauchsgebieten nicht allzu entfernt wären, mit Nutzen herzustellen. Die Verwendung dieser kleinen Wasserkräfte empfiehlt sich ferner auch unter Umständen zur Gewinnung von Wärme, die sich bei hohen Kohlen- und Transportpreisen in abgelegenen Gegenden sehr häufig durchaus lohnen dürfte.

Über den Kraftbedarf in der elektrochemischen und elektrothermischen Industrie in Amerika sprach F. A. I. Fitzgerald, Niagarafalls. Er ging vor allem auf die Entwicklung der elektrochemischen Industrie am Niagarafall ein, dessen Kräfte ursprünglich der elektrochemischen Industrie nicht zur Verfügung gestellt werden sollten. Diese Industrie ist allmählich der Hauptabnehmer hierfür geworden, nachdem sich seit 1895 immer mehr Anlagen in der Nähe des Falles angesiedelt haben. Unter den elektrochemischen Verbindungen sind besonders Aluminium, Magnesium, Natrium, Chlor, Ätznatron und Chlorate hervorzuheben, während unter den elektrothermischen Verbindungen Eisenlegierungen, Kalziumkarbid, künstliche Schleifmittel, Phosphor, Graphit und Kohleelektroden zu nennen sind. Die Bedeutung der Kraftkosten für die Gewinnung der einzelnen Chemikalien weist auch in Amerika große Verschiedenheiten auf, und ebenso große Unterschiede zeigt auch der Stromverbrauch selbst in den letzten Jahren. Es bestehen in Amerika Bestrebungen, der elektrochemischen Industrie die Ausnutzung des Niagarafalles für ihre Zwecke nach Möglichkeit zu erschweren. Eine staatliche Bewirtschaftung der Fälle dürfte sich jedoch nach Ansicht des Vortragenden nicht empfehlen.

Einige Angaben über den Kraftverbrauch in der elektrometallurgischen Industrie der Vereinigten Staaten sind in einem Bericht von Mathewson enthalten, wonach die Aluminiumindustrie jetzt bereits ihre größte Leistungsfähigkeit erreicht hat, während die elektrische Stahlveredelung noch in der Entwicklung begriffen ist. In der Gold- und Silberverfeinerung, die zwar nur geringen Kraftverbrauch erfordert, haben die elektrischen Verfahren jedoch die älteren Verfahren fast vollständig verdrängt. Eine Übersicht über den Kraftverbrauch der elektrometallurgischen Industrie gibt Zahlentafel 2.

Zahlentafel 2. Kraftverbrauch der Elektrometallurgischen Industrie der Vereinigten Staaten.

Stahl, elektrische Veredelung	450 000 PS
Eisenlegierungen, elektr. Schmelzen	150 000 „
Aluminium, elektr. Erzeugung	350 000 „
Kupfer, elektrolyt. Veredelung	75 000 „
Messing, elektr. Schmelze	820 000 „
Blei, elektrolyt. Veredelung	12 000 „
Zink, elektrolyt. Erzeugung	34 000 „
Gold und Silber, elektr. Schmelze und elektrolyt. Verfeinerung	13 000 „

Roheisen wird in Amerika durch elektrisches Schmelzen nicht hergestellt, während in über 400 elektrischen Öfen Elektrostahl und Eisenlegierungen hergestellt werden. Unter diesen überwiegt der Ofen von Héroult, Sender und Moore. Im übrigen enthält die Abhandlung weitere Einzelangaben über die Gewinnung von Aluminium, Kupfer, Messing, Blei, Zink, Gold und Silber, sowie eine wertvolle Aufstellung amerikanischer Veröffentlichungen über Elektrometallurgie seit 1907.

Ein weiterer Bericht über die Elektrometallurgie Italiens lag von Dr. F. Giolitti vor. In diesem Lande hat sich die Elektrometallurgie besonders schnell entwickeln können, da der Mangel an Kohlen zu einer ständigen Verwertung elektrischer Kräfte gerade hier besondere Veranlassung gab. Ungemein stark zugenommen hat in Italien die Gewinnung von Elektrostahl, die vor dem Weltkriege nur wenige 1000 t betrug. Von 1915 an hat jedoch auf diesem Gebiet eine starke Zunahme eingesetzt, die auch nach Beendigung des Krieges keine Abnahme erfahren hat, Zahlentafel 3, während die italienische Roheisen- und Stahlgewinnung seit dieser Zeit beträchtlich gesunken ist.

Zahlentafel 3. Elektrostahlgewinnung in Italien.

Jahr	t	Jahr	t
1915	20 200	1919	93 800
1916	32 800	1920	119 400
1917	47 600	1921	126 300
1918	71 000	1922	158 000

Die Zahl der Elektroöfen stieg dementsprechend von 12 i. J. 1914 auf 178 i. J. 1922. Während i. J. 1915 die Elektrostahlgewinnung nur 2 vH der gesamten Stahlerzeugung betragen hatte, war der Anteil des Elektrostahls i. J. 1922 auf 16 vH gestiegen. In den italienischen Elektrostahlöfen können rd. 800 000 t jährlich hergestellt werden. Angesichts der besonderen Lage Italiens in der Eisen- und Stahlindustrie ist auch mit einer weiteren Zunahme der Elektrostahlgewinnung in diesem Lande zu rechnen, und ebenso aussichtsreich erscheinen auch die Verfahren zur Herstellung von Eisenlegierungen auf elektrothermischem Wege. Während 1913 erst 4700 t solcher Eisenlegierungen gewonnen wurden, betrug die Gewinnung i. J. 1920 20 900 t und i. J. 1922 20 200 t. Hauptsächlich werden Ferromangan und Ferrosilizium hergestellt.

Endlich berichtete noch T. Holmgren, Stockholm, über einen neuen Widerstandsofen mit Reaktionszone. Bei diesem Ofen soll eine elektrisch erhitzte Reaktionszone erhalten werden, die der eingebrachte Stoff bei der gewünschten Reaktionstemperatur ohne Überhitzung durchläuft. Diese Zone muß genügend groß sein, damit die gewünschte Reaktion bei bestimmter Temperatur auch zu Ende gehen kann. Nach den absichtlich wohl etwas unbestimmt lautenden Angaben des Verfassers, der vor allem keinerlei Mitteilungen darüber machte, für welchen chemischen Vorgang sein Ofen benutzt werden soll, sind diese Öfen mit gutem Erfolg in Schweden in Betrieb gesetzt worden.

Die chemische Verwertung von Brennstoffen.

In der Abteilung für Verarbeitung der Brennstoffe wurden eine ganze Reihe von bemerkenswerten Vorträgen gehalten, die sich vor allem mit der Verwertung der Steinkohle befaßten. So sprach Prof. H. E. Armstrong über die Verarbeitung der Kohle mit besonderer Berücksichtigung der Tieftemperaturverkokung. Eine zweckmäßige Verwertung der Kohle könne nur durch die gemeinsame Arbeit von Chemikern und Ingenieuren erreicht werden, und man solle sich vor allem mit der Herstellung und der Verwendung möglichst rauchloser Brennstoffe beschäftigen. Diese Brennstoffe können aber nur durch Verkokung bei niedriger Temperatur erhalten werden. Für die Verwendung eines solchen rauchlosen Brennstoffes kommen der häusliche Verbrauch und die Industrie in Betracht. In früheren Zeiten lieferten die Gasgesellschaften sowohl Gas als auch leicht brennbare Koks, und es wäre zu wünschen, daß dies auch in Zukunft wieder aufgenommen würde.

Armstrong erörterte dann die Frage, wie man feste Brennstoffe möglichst vorteilhaft verbrennen soll. Die Verwendung gasförmiger Brennstoffe ist zwar außerordentlich empfehlenswert, kommt aber im kleinen als unwirtschaftlich nicht in Betracht und erfordert im großen gelernte Arbeiter. Die Gaserzeuger für die Gewinnung des Stickstoffs der Kohle in Form von Ammoniak haben jetzt auch einen großen Teil ihrer Bedeutung verloren, nachdem die synthetischen Verfahren sich als wirtschaftlich erwiesen haben. Man verwendet daher Gaserzeuger jetzt nur in den Fällen, wo man gasförmige Brennstoffe braucht und die Gasöfen in der Nähe des Verbrauchsortes errichten kann. (Vergl. dagegen die Ausführungen von Strache weiter unten.)

Die Verwendung von staubförmiger Kohle hat sich besonders in den Vereinigten Staaten eingeführt, wie man ja überhaupt die Kohlenstaubfeuerung als die industrielle Heizung der Zukunft bezeichnen kann. Hier würde nun die Verwendung von Tieftemperaturkoks in gepulvertem Zustande weit weniger Veranlassung zu Staubexplosionen geben können als die bisher übliche Benutzung fein gepulverter Kohle.

Weitere Ausführungen von Armstrong behandeln das Brikettieren der Mischungen von Koks und backenden Kohlensorten im Anschluß an Vergasungsversuche in der South Metropolitan Gas Company. Dieses Verfahren soll besonders brauchbare Teere liefern, die in ihrer Zusammensetzung etwa gegenüber den Tieftemperaturteeren der Gasanstalten ein Mittelding bilden.

Über die Verwendung des bei der Tieftemperaturverkokung erhaltenen Gases läßt sich noch nichts Genaues angeben. Man könnte es wohl in Städten mit zur Gasversorgung heranziehen, aber es muß noch untersucht werden, ob und unter welchem Druck dieses Gas auf weitere Entfernungen an die Verbrauchstellen geleitet werden kann. Die Notwendigkeit, möglichst alle bituminösen Kohlen vor ihrer Verfeuerung der Verkokung zu unterwerfen, ergibt sich durch die ständige Zunahme des Heizölbedarfs und die immer weiter um sich greifende Erkenntnis, daß man gegen die Rauchplage einschreiten müsse. In diesem Zusammenhang wies Armstrong auch auf das Verfahren von Dr. Bergius hin.

Schließlich gab Armstrong dem Bedauern Ausdruck, daß man für die Frage der zweckmäßigsten Ausnutzung der Kohle in der großen Öffentlichkeit immer noch kein genügendes Verständnis habe, und forderte die Errichtung von amtlichen Kohlenstellen, die die Öffentlichkeit über diese Fragen aufklären und durch Vorführungen beraten sollen.

Auch der Vortrag von W. Gordon Adam über die flüssigen Nebenerzeugnisse der Kohlenverkokung als Kraftquelle behandelte einen ähnlichen Gegenstand. Die Hauptmenge der in den englischen Gaswerken verarbeiteten Kohlen wurde früher der Verkokung in Wagerechtretorten unterworfen, die erst in den letzten Jahren teilweise durch Senkrechtretorten ersetzt worden sind. Die durchschnittlichen Ausbeuten an Teer bei Behandlung der Kohle in wagerechten und senkrechten Retorten sowie in Koksöfen betrugen etwa 39,6 bzw. 53 bzw. 32,1 l, während bei der Tieftemperaturverkokung 75,8 l Teer aus einer Tonne Kohle erhalten werden. Würde man nun die Tieftemperaturverkokung in größerem Umfang in England einführen, so ließen sich bis 7,2 Mill. hl Teer gewinnen, falls man alle Kohlen Englands diesem Verfahren unterwerfen würde.

Die rohen Teere und Teeröle aus den Senkrechtöfen und aus den Tieftemperaturverkokungen lassen sich zum Betriebe von Dieselmaschinen verwenden, und ebenso kann auch Wassergasteer sehr gut für die gleichen Zwecke benutzt werden. Auch die Benzolgewinnung ließe sich in England noch erheblich steigern, wenn man in noch größerem Umfange zur Gewinnung der Benzolkohlenwasserstoffe aus dem Leuchtgase als Absorptionsmittel: kolloidale Kieselsäure (Silikagel) und aktive Holzkohle, heranziehen würde. Wenn alle englischen Gaswerke Anlagen zur Wiedergewinnung des Benzols aus dem Gas mit einer Leistungsfähigkeit von 66 vH erhalten hätten, so ließe sich die jährliche Benzolerzeugung auf 102 000 hl aus Gas steigern, und es könnten insgesamt einschließlich des aus dem Teer gewonnenen Benzols 189 000 hl Benzol in England gewonnen werden. Der Bedarf des Landes für motorische Kraftzwecke würde hierdurch jedoch nicht gedeckt werden.

Eine weitere wichtige Aufgabe der Zukunft ist die Verwendung hydrierter Kohlenwasserstoffe. In Deutschland hat sich das hydrierte Naphthalin, das Tetralin, längere Zeit hindurch einen guten Absatz erschließen können, der Verfasser ist jedoch der Ansicht, daß Tetralin als ein ernstlicher Wettbewerber für das Benzol nicht in Frage kommen könne, und das gleiche gelte in noch höherem Maße für das Dekalin. Die weiteren Ausführungen von Adam behandeln die Verfahren von Bergius, F. Fischer und die katalytische Reduktion des Kohlenoxyds durch Wasserstoff unter Druck nach F. Fischer und Tropsch. So aussichtsreich und wichtig diese Arbeiten erscheinen, so haben sie bisher noch nicht zu abschließenden Ergebnissen führen können.

Es folgte dann der Vortrag von Prof. F. Fischer über die Umwandlung von Kohle in Öle[1]), dem eine sehr lebhafte Erörterung folgte. So sehr auch die Bedeutung des neuen von Fischer angegebenen Verfahrens anerkannt wurde, so gering erscheint doch wohl die Hoffnung, durch Hydrierung der Kohle jemals genügend flüssige Brennstoffe zu gewinnen, denn im Vergleich zum Ölverbrauch der Welt sind die nach den neuen Verfahren erhaltenen Mengen nur gering, so daß man wohl für lange Zeit hin-

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 18.

aus auf die Einfuhr von Erdölerzeugnissen angewiesen bleiben wird.

Mit der Tieftemperaturverkokung befaßte sich noch ein weiterer Bericht von Dr. C. H. Lander, der als Leiter der mit der Erforschung der Brennstoffe betrauten Abteilung des Department of Scientific and Industrial Research in England als besonders sachverständig anerkannt ist. Er schilderte zuerst die Entwicklung der Tieftemperaturverkokung in England, die man im Jahre 1906 vor allem zu dem Zweck aufgenommen hatte, um für die Kriegs- und Handelsmarine ein Heizöl aus eigenen Rohstoffen herzustellen. Da man jedoch nur 6 bis 7 vH der behandelten Kohle in Form von Ölen gewinnt, erscheint es unbedingt erforderlich, für die übrigen Erzeugnisse der Verkokung Absatzgebiete zu erschließen. Das ist nun nach dem Kriege immer schwieriger geworden, und außerdem hat sich ergeben, daß diese Herstellung überhaupt unter zu hohen Kosten leidet.

Angesichts der großen nationalen Bedeutung fordert Dr. Lander jedoch ein Eingreifen des Staates zur Aufrechterhaltung dieser Industrie, deren Öle übrigens mit amerikanischem Petroleum und Schieferöl vollkommen unmischbar sind. Eine völlige Mischbarkeit der Tieftemperaturöle ergab nur das Petroleum von Trinidad, doch mußte auch hier der Mischung eine Erhitzung vorangehen. Aus diesen und den übrigen Vorträgen gewinnt man jedenfalls nicht den Eindruck, daß die Tieftemperaturverkokung in England für die älteren Verkokungsverfahren bereits einen sehr bedeutenden Wettbewerb darstelle, da die Wirtschaftlichkeit der Verfahren und die Absatzfähigkeit der erhaltenen Erzeugnisse anscheinend immer noch erheblich zu wünschen übrig lassen. Zu dem gleichen Ergebnis ist übrigens auch V. F. Hirschfeld, ein amerikanischer Ingenieur, gelangt. Auch nach ihm hat die Tieftemperaturverkokung in Amerika trotz zahlreicher Versuche verschiedener Forscher noch keine wesentlichen Fortschritte verzeichnen können.

Das Problem der vollständigen Vergasung der Kohle behandelt Prof. Dr. Strache, Wien, der die verschiedenen Verfahren zur Gewinnung von Steinkohlengas, Koksofengas, Generatorgas, Mondgas, Wassergas und Doppelgas behandelte und allgemein auf den großen Wert der vollkommenen Kohlenvergasung hinwies. Nach Strache müsse man nach einem Vergleich der synthetischen Ammoniakgewinnung mit der Gewinnung des Ammoniaks aus der Kohle doch auch berücksichtigen, daß die synthethischen Verfahren große Kraftmengen erforderten, die für andere Zwecke verfügbar bleiben, wenn Ammoniak aus der Kohle gewonnen wird. Hierfür erscheint aber weder die unmittelbare Verfeuerung der Kohle unter dem Dampfkessel noch selbst die Verkokung in Gasanstalten und Kokereien, die nur 20 vH des Stickstoffs der Steinkohle in Ammoniak überführt, volkswirtschaftlich als zweckmäßig. Es wird nur die vollkommene Vergasung der Brennstoffe, die 50 bis 70 vH des Stickstoffs als Ammoniak nutzbar macht, ganz wesentliche Vorteile bieten.

Für das kohlenarme Österreich hat sich auch das Strachesche Doppelgasverfahren bereits gut bewährt. Dieses Verfahren wird in Graz, Wiener Neustadt und Leoben angewendet und vermag die weniger wertvollen österreichischen Kohlen nutzbar zu machen. Das Doppelgasverfahren hat sich auch außerhalb Österreichs, in der Tschechoslowakei, in Jugoslawien und in Italien, eingeführt, und auch in Deutschland sind z. B. in Chemnitz, Kochendorf und Herzberg solche Anlagen in Betrieb, von denen das Chemnitzer Werk sich durch Größe und Leistungsfähigkeit besonders auszeichnet.

Von Vorträgen über Torf sei der Bericht von Prof. P. F. Purcell erwähnt, der eine gute Übersicht über den Umfang der Torfgebiete in den verschiedenen Ländern, ihre wirtschaftliche Bedeutung und die neueren Verfahren einer zweckmäßigen Ausnutzung des Torfs gab. Der gesamte Umfang der Moorgebiete beträgt etwa 500 000 km², deren Brennstoffwert schätzungsweise 75 Milliarden t Kohle gleichzusetzen ist. Unter den Ländern, in denen eine möglichst wirtschaftliche Verwertung des Torfs angestrebt wird, sind besonders Canada und Deutschland zu nennen. Es erscheint auch durchaus möglich, den Torf zur Kraftgewinnung heranzuziehen, wenn man nur in der Lage ist, eine regelmäßige Versorgung der Kraftanlagen, zu dem gleichen Preis auf die thermische Einheit bezogen wie für Kohle, zu gewährleisten. Im ganzen gewinnt man aber auch aus diesem Vortrag den Eindruck, daß auch die neueren Versuche, die chemische Energie des Torfes im Großen auszunutzen, noch zu keinem durchgreifenden Erfolge geführt haben. Das gilt auch für die neueren Versuche des englischen Brennstoffamtes vom Jahre 1921. Der Verfasser selbst beurteilt allerdings die Aussichten der Torfindustrie überwiegend günstig, aber bisher hat sich eigentlich in fast allen Ländern ergeben, daß der Torf, das älteste Feuerungsmaterial überhaupt, nur unter besonders günstigen Gewinnungs- und Absatzbedingungen, wie etwa in Holland, und z. T. wohl auch in Rußland, für die Brennstoffversorgung weiterer Kreise hauptsächlich in Betracht kommen kann.

Über die Torfgebiete Rußlands lagen zwei sehr eingehende Berichte von I. Wichliajew und Prof. M. Prigorowski vor, die außerordentlich viel Zahlenunterlagen enthalten, deren Zuverlässigkeit jedoch nach den bisherigen Erfahrungen mit vielen russischen Veröffentlichungen nicht ganz sicher erscheint. Nach dem Bericht von Prigorowski betrug die Torfgewinnung vor dem Krieg etwa 1,5 Mill. t, sie sank dann allmählich bis auf 500 000 t im Jahre 1918, um in den letzten Jahren auf durchschnittlich 2 Mill. t zu steigen.

Neben dem Torf weist Rußland übrigens noch bituminöse Schiefer auf, deren Förderung erst nach der Revolution aufgenommen worden ist, und die vielleicht späterhin eine beschränkte wirtschaftliche Bedeutung erlangen werden. Im Jahre 1923 wurden 24 000 t dieser Schiefer gefördert und besonders in der Gegend von Simbirsk als Brennstoff benutzt. Größeren Umfang scheint aber die Schieferverwendung in Estland anzunehmen, wenn die Ausführungen des estländischen Handelsministeriums als vollkommen zuverlässig zu betrachten sind. Es liegt übrigens bereits eine ziemlich ausgedehnte Literatur über diese estländischen Ölschiefer aus älterer und neuerer Zeit vor. An eine industrielle Ausbeutung dachte man jedoch erst im Krieg, als von seiten der russischen Regierung und im Jahre 1918 auch durch die deutschen Besatzungsbehörden, und schließlich durch die estländische Regierung größere Versuche zur Ausnutzung der estländischen Schieferlager ins Werk gesetzt wurden. Die wichtigsten Schieferlager sind die von Kohtla, Kukruse und Vanamoisa. Die Gesamtförderung stieg von rd. 10 000 t in den Jahren 1918/19 auf 46 000 t im Jahre 1920, 96 000 t im Jahre 1921, 139 000 t im Jahre 1922 und 206 000 t im Jahre 1923. Als Hauptabnehmer für diese Ölschiefer kamen vor allem Zementfabriken, die Eisenbahn und einige Gasanstalten in Betracht. Das aus den Ölschiefern durch Destillation erhaltene Schieferöl liefert ein brauchbares Gas für Beleuchtungszwecke, und die Asche der Ölschiefer läßt sich in der Zementindustrie und als Bindemittel für Bausteine gut verwenden. Es scheint daher, daß die estländische Schieferindustrie für den eigenen Staat, der über keinerlei Kohlen verfügt, eine gewisse wirtschaftliche Bedeutung hat.

Auch aus schwedischem Ölschiefer hat man neuerdings ein brauchbares Schieferöl mit einem durchschnittlichen Heizwert von 2000 kcal/kg hergestellt. Hierüber berichtete Ingenieur Sven V. Berg, Stockholm, der ein neues Verfahren zur Gewinnung von Schieferölen aus schwedischen Schiefern ausgearbeitet hat. Der Umfang der schwedischen Ölschiefer wird auf 5 Milliarden t geschätzt, durch deren Ausnutzung die Möglichkeit gegeben wäre, einen großen Teil des z. B. vom Ausland gedeckten Ölverbrauchs im Lande selbst zu sichern. Das Verfahren von Berg wird zurzeit in einem vom Staat unterstützten Versuchswerk auf seine Verwertbarkeit geprüft. Es handelt sich bei dem Bergschen Verfahren um eine destruktive Destillation des Ölschiefers mit Wasserdampf, wobei der Koksrückstand kontinuierlich verfeuert wird. Das erhaltene Schieferöl ist ein gutes Tieftemperaturöl von hohem Heizwert. Auch gestattet das Verfahren die Ge-

winnung von Nebenerzeugnissen, wie Schwefel und Ammoniak. Als Gestehungskosten für eine vollständige Anlage zur Gewinnung von Rohöl und Gas einschließlich einer Zerkleinerungsanlage wird ein Betrag von 9000 £ für eine Tagesleistung von 100 t und etwa 76 000 £ für 1000 t angegeben.

Einen wertvollen Bericht über die Ausnutzung der Naturgase in Larderello erstattete Prinz Piero Ginori Conti. Die seit dem Jahre 1918 zuerst von de Larderel ausgenutzten Gasquellen, die unter dem Namen Soffioni bekannt sind, sind seit jener Zeit zur Gewinnung von Borsäure verwertet worden, wobei man die natürliche Wärme der Gase jedoch anfangs ungenutzt ließ. Erst vor wenigen Jahren hat man angefangen, die Gase zur Erzeugung mechanischer und elektrischer Kraft zu verwenden. 1914 wurde ein Kraftwerk in Larderello errichtet, das aus einem Dreiturbinensatz von 7500 kW besteht. Die Anlage arbeitet mit nur geringem Dampfdruck; es war nicht möglich, über 2 at hinauszugehen, und die Turbinen arbeiten sogar nur mit einem Druck von 1,25 at. Mit Hilfe eines sogenannten Depurators ist es gelungen, den vom Gas und der Borsäure befreiten Dampf unmittelbar zur Speisung der Turbinen zu verwenden, ohne daß kostspielige Röhrenanlagen erforderlich wären. Man hat jedenfalls in Larderello zum erstenmal in größerem Umfang die Erdwärme ausgenutzt und dürfte die Erfahrungen von Larderello bei der industriellen Verwertung anderer Gasquellen in Italien, Nord- und Südamerika, Japan und Neuseeland nicht unbeachtet lassen.

Endlich sprach Sir Ch. H. Bedford über Alkohol als Kraftquelle. In vielen Ländern ohne Kohlenvorräte stellt der Alkohol den einzigen inländischen Brennstoff für Verbrennungskraftmaschinen dar, und deshalb ist in diesen Gebieten große Aufmerksamkeit für die Gewinnung des Alkohols aus zelluloschaltigen Abfallstoffen, wie Getreide, Stroh, Holzabfällen, Sägemehl usw. vorhanden. Auch die Alkoholgewinnung aus den Restmelassen der Zuckerfabriken kommt für verschiedene tropische Gebiete in Betracht. Die englische Regierung hat sich gerade im Hinblick auf die Bedürfnisse der eigenen Kolonien mit dieser Frage beschäftigt, und es ist vor kurzer Zeit eine Gesellschaft, die Internationale Zucker- und Alkoholgesellschaft, gebildet worden, um die Verfahren von Prodor und Goldschmidt zur Überführung von Zellulose in Zucker und Alkohol mit Hilfe von konzentrierten Säuren weiter zu entwickeln. Auch ein von der Kraftstoffgesellschaft in Epsom ausgebildetes Verfahren ist von dem Unternehmen erworben worden, und man hofft, durch Vereinigung und weitere Entwicklung dieser und anderer Verfahren zu praktischen Ergebnissen zu kommen. Wie wichtig eine Alkoholgewinnung im Großen in den tropischen Ländern sein würde, geht z. B. aus der Tatsache hervor, daß Petroleum in Nigeria etwa 79 ₰/l kostet, während man aus Zucker und Mais wahrscheinlich den Alkohol zu einem Preise von etwa 26 ₰/l würde herstellen können. Ebenso wäre es möglich, in Indien Reisstroh zur Alkoholgewinnung zu benutzen, wenn man geeignete Verfahren zur Aufarbeitung dieses Abfallstoffes hätte, und auch in andern englischen Kolonien dürften die Verhältnisse ähnlich liegen.

Der Alkohol läßt sich auch mit Vorteil in Mischungen mit anderen flüssigen Brennstoffen verwenden. So wird ein unter dem Namen Natalit, einer Mischung von Alkohol und Äther, bekannter Brennstoff, der sich auch mit Petroleum mischen läßt, von der britischen Marine und in den Londoner Autos benutzt, und in Amerika finden ähnliche Mischungen zum Betriebe von Flugzeugen umfangreiche Anwendung. Auch in Deutschland ist der Alkohol zeitweise als Brennstoff in kleinen ortfesten Anlagen verwendet worden, obwohl in der letzten Zeit diese Verwendungsart infolge der hohen Preise ziemlich zurückgetreten sein dürfte. Würde es jedoch in absehbarer Zeit zu einer tatsächlichen Lösung der von Bedford behandelten Fragen kommen, so wäre auch für Deutschland die Aufnahme solcher Verfahren nicht ohne Wert. [B 939]

Die amerikanische Sonderstahlherstellung.

Im Jahre 1909 ist vom American Iron and Steel Institute die Menge des von der amerikanischen Industrie hergestellten Sonderstahls zum ersten Male statistisch erfaßt und in ein Verhältnis zur Gesamt-Stahlerzeugung gebracht worden, vergl. Zahlentafel 1. Die vorher gewonnenen Mengen sind sehr gering gewesen. In den nächsten Jahren vergrößerte sich die hergestellte Menge mehr und mehr, um 1923 eine noch nicht erreichte Höhe zu erlangen. Sonderstahl wurde im Jahre 1923 im Gewichte von 2 138 000 t hergestellt; die nächstgrößte Menge 1918 war 1 816 000 t. Das Verhältnis zwischen Sonderstahl und Gesamterzeugung von Stahl war dagegen 1922 und 1923 gleich; es betrug 4,7 vH, 1919 waren es 4,27 vH, 1909 0,7 vH.

Ein eigenartiges Bild gibt das Verhältnis zwischen der aus Sonderstahl hergestellten Menge von Gußstücken zur Gesamt-Sonderstahlerzeugung. Im Jahre 1923 war es 4,37 vH, d. h. seit 1915 (abgesehen von 1921 mit 4,97 vH) ein Höchstwert. Von 1909 bis 1914 war der Hundertsatz noch höher; er war begründet durch das Herstellen einer größeren Anzahl von Gußstahlrahmen aus diesem Werkstoff für Lokomotiven. Das Jahr 1924 wird einen höheren Hundertsatz als 1923 ergeben, da die Gußstücke aus Sonderstahl eine immer größere Verwendung finden.

Die Erzeugung von Sonderstahl in elektrischen Öfen hat sich, abgesehen von den Krieg unmittelbar folgenden Jahren, gleichmäßig ansteigend entwickelt; sie betrug 1912: 1,21, 1922: 7,49, 1923: 9,25 vH der gesamten Sonderstahlmenge. Elektrisch hergestellter Sonderstahl wird immer mehr zu Gußstücken verwendet. Seit 1921 ist diese Art der Verwendung von Bedeutung. Die Menge beträgt 15 vH des im elektrischen Ofen erzeugten Sonderstahls. Der Verbrauch von warm behandelten Gußstücken aus elektrisch gewonnenem Sonderstahl an Stelle der gewöhnlichen Schmiedestücke und die Herstellung von Manganstahl zu Gußstücken im elektrischen Ofen anstatt in der Birne nehmen ständig zu.

Verarbeitet wird Sonderstahl in der Hauptsache im Motorwagenbau. Als Walzwerk- oder Schmiederzeugnis spielt er im Lokomotivbau, in der Landmaschinenindustrie und im Flugzeugmotorenbau eine große Rolle. Gußstücke finden hauptsächlich Verwendung im Lokomotivbau, für Walzen in Walzwerken und für die Ausrüstungsteile im Bergbau. Vergleiche der Sonderstahlherstellung mit anderen Ländern konnten nicht angestellt werden, da die Unterlagen hierfür fehlen. („The Iron Age", Bd. 114 (1924) S. 618) [N 14] Gw.

Zahlentafel 1. Amerikanische Sonderstahlherstellung.

Jahr	Gesamterzeugung von Stahl (steel) 1000 t	Sonderstahlerzeugung 1000 t	Sonderstahlerzeugung in vH der Gesamtstahlerzeugung	Aus Sonderstahl hergestellte Gußstücke 1000 t	Sonderstahl-Gußstücke in vH der Sonderstahlerzeugung	Elektrisch hergestellter Sonderstahl 1000 t	Elektrisch hergestellter Sonderstahl in vH der Sonderstahlerzeugung	Gußstücke aus elektrischem Sonderstahl 1000 t	Gußstücke aus elektrischem Sonderstahl in vH des elektrisch hergestellten Sonderstahls
1910	26 512	577	2,17	29,7	5,17	0,6	0,11	0,008	1,32
1913	31 802	726	2,28	90,3	12,44	11,4	1,57	0,4	3,93
1914	23 889	657	2,75	71,0	10,79	9,5	1,44	0,3	3,64
1918	45 174	1816	4,02	67,6	3,71	295,6	16,26	3,1	1,05
1920	42 807	1676	3,94	69,4	4,11	249,5	14,78	11,9	4,77
1921	20 100	812	4,10	40,1	4,97	64,2	7,81	10,2	15,94
1922	35 173	1699	4,71	59,7	3,53	127,4	7,49	17,3	14,20
1923	45 663	2138	4,70	93,7	4,37	197,9	9,25	29,4	14,90

Die Schaltwage und ihre Anwendung als Großwage[1]).

Von Dipl.-Ing. Fr. Einecke, Berlin-Reinickendorf.

Beim Verwiegen schwerer Lasten muß man durch Vorschalten einer Übersetzung die Gewichtswirkung der Last am Wagebalken soweit verringern, daß man die Wage bequem bedienen kann, und das an dieser Stelle auftretende Moment glich man bisher bei den Großwagen im allgemeinen durch Verschieben eines gleichbleibenden Laufgewichtes an einem Hebelarm aus; dessen Länge bildete den Maßstab für die Last auf der Wagenbrücke.

Bei der Schaltwage, Abb. 1 bis 6, ist die Aufgabe der Momentenbestimmung am Wagebalken so gelöst, daß bei gleichbleibender Hebellänge das Gewicht der Last durch die Gewichte gemessen wird, welche das Gleichgewicht herstellen. Dabei werden die Gewichte mit Hilfe mechanischer Zwischenglieder eingestellt.

Abb. 1. Schaltwage.

Die entsprechend verringerte Last greift mit der Zugstange z an der Lastschneide L an, Abb. 2. Der Wagebalken dreht sich um die Stützschneide S. Zum Ausgleich der Momente auf der linken Seite des Doppelbalkens B sind mehrere Gewichtsätze, a_1 bis a_5, abgestuft nach dem Dezimalsystem, hintereinander so angeordnet, daß sie nach dem Ende des Balkens hin größer werden, damit der Kraftbedarf für die Bedienung ausgeglichen und die Ausführung für kleinste und größte Gewichtsätze erleichtert wird.

Bei einer Großwage besteht der Satz a_1 aus Gewichten, deren Wirkung je 10 000 kg entspricht. Die Anzahl der Gewichte in diesem Satz hängt von der verlangten Höchstlast der Wage ab. Für eine 40 t-Wage z. B. genügen 3, für eine 100 t-Wage 9 Gewichte. Im Satz a_2 hängen 9 Gewichte für je 1000 kg, und diese Abstufung setzt sich fort bis zum letzten Satz a_5 mit Kilogrammwirkung.

Solange die Wage unbelastet ist, liegen die Gewichte mit ihren vorstehenden Teilen auf dem Abhebebügel b, Abb. 4, der an beiden Seiten des Kastens in genuteten Blechen geführt ist, so daß man die Gewichte nicht unbefugt ändern kann. Man verstellt den Abhebebügel b mittels des Winkelhebels c, der mit einem federnden Griff versehen ist und in einem Rastenbügel d in jeder Stellung festgehalten wird. Am Hebel c ist nahe am Griff ein Zahlenstreifen befestigt; durch ein Schauloch im Gehäuse ist die Zahl der zugeschalteten Gewichte zu erkennen. Steht der Handgriff auf 0, so befindet sich der Abhebebügel b in der höchsten Stellung, alle Gewichte sind vom Wagebalken B abgehoben und der Gewichtskasten pendelt frei und unbelastet auf den Schneiden. Um dann zu wiegen, schaltet man mit dem Handhebel c nacheinander, beim höchsten Gewichtsatz beginnend, unter ständiger Beobachtung des Zeigers so lange Gewichte zu, bis das Gleichgewicht hergestellt ist. Die beim Wägen erreichten Stellungen des Handhebels c werden durch die Bügel h_1 bis h_5, Abb. 2, auf die Typenscheiben des Druckers D übertragen.

Großwagen müssen häufig mit Sicherheitseinrichtungen ausgestattet werden, die den Zweck haben, gegen beabsichtigtes und unbeabsichtigtes Falschwägen zu schützen und durch zwangläufige Gestaltung der Wägevorgänge zu erzwingen, daß die Wage sachgemäß und schonend behandelt wird. Wird die Wage in die Wiegestellung gebracht, so wird der sonst im Ruhezustand der Wage gesperrte Balken erst dann freigegeben, wenn die Brücke von den Stützkegeln abgehoben ist und auf den Lasthebeln ruht. Die die Entlastung betätigende Zahnstange bewegt erst in der Endstellung mittels eines

[1]) Vergl. E. Dinse: Fortschritte im Wagenbau, Berlin 1924, VdI-Verlag.

Abb. 4. Schnitt E—F.

Abb. 5. Ansicht von A.

Abb. 2 und 3. Sicherheitsschaltwage für 100 t Wiegefähigkeit.

Winkelhebels die Stange e, Abb. 2, die den Zahnbogen f_1 steuert, und durch den Bogen f_2, den Hebel g_1 und den Sperrhebel g_2 den Balken freigibt.

Auch die Möglichkeit, den Hebel H des Druckwerkes D zu betätigen, hängt von zwei Voraussetzungen ab. Zunächst muß man nämlich durch Seitwärtsschieben des in einem Schlitz geführten Sperrhebels i, Abb. 4, die Gewichtshebel für die ganze Dauer des Druckvorganges verriegelt haben; außerdem kann man den Druckhebel nur dann bewegen, wenn der Balken richtig einspielt. Das wird dadurch erzwungen, daß der Handhebel durch die Welle k, Abb. 5, und die Zwischenhebel l_1 bis l_3, Abb. 6, mit zwei symmetrisch angeordneten Sperrbügeln m_1 und m_2 gekuppelt ist, die beim Bewegen des Druckhebels gleichzeitig durch die am Balken angeordneten Schlitze n eintreten; das ist aber nur bei genauer Gleichgewichtlage des Balkens möglich. Erst nachdem die Bügel m_1 und m_2 in den Schlitz eingetreten sind, wird die Wiegekarte bedruckt.

Bei Beginn des Druckvorganges stellt der Stift o, Abb. 5, ein Loch in der Wiegekarte her und hält sie in dem Schlitz während der weiteren Zeit fest, wobei der Drucker in seiner Stellung mittels der Klinke k_1 gesperrt bleibt. Diese Sperrung wird erst dann aufgehoben, wenn die Wage wieder vollständig entlastet ist. Durch Festhalten der Karte zwingt man daher den Benutzer, die Wage rechtzeitig in den Zustand zu versetzen, der für den Beginn einer einwandfreien neuen Wägung und für die Schonung der Wage erforderlich ist. Das Getriebe für die Freigabe der Karte steht insofern mit der Sperrung des Balkens in Verbindung, als der Hebel p mittels der Welle r und des Hebels s mit dem Balkensperrwerk gekuppelt wird, Abb. 5 und 6. Kurz vor Beendigung des Entlastvorganges drückt der Hebel p die Sperrklinke k_1 durch den Anschlag t aus der Raste heraus und gibt darauf den Drucker für die nächste Wägung frei. [B 837]

Abb. 6. Schnitt M—N.

Technische Verfahren zur Prüfung von Geräuschen.

Von Dr.-Ing. Kurt Lubowsky, Berlin.

Verfahren zur Geräuschprüfung von Elektromaschinen und Geräten und einige Versuche zur Erforschung insbesondere der magnetischen Geräusche. — Anwendungsmöglichkeit zur Prüfung der Homogenität von Baustoffen. — Zusammensetzung des magnetischen Geräusches einer Maschine aus einem Grundton entsprechend der doppelten Netzfrequenz und verschiedenen Obertönen in Abhängigkeit von Drehzahl, Schlupf und Nutenverhältnis sowie Form der Nuten und deren Abschluß. Die Partialtöne haben ebenfalls die doppelte Frequenz der ursächlichen Flußschwankungen. — Abhängigkeit der Lautstärke von der Sättigung und dem mechanisch festen Zusammenbau.

Die Forderung des geräuschlosen Betriebes ist in vielen Ausschreibungen für elektrische Maschinen ein wesentlicher Punkt. Inwieweit man praktisch eine Maschine als geräuschfrei bezeichnen darf, hängt vom Verwendungszweck ab. Der Maßstab ist naturgemäß gröber, wenn es sich um Kraftwerkmaschinen handelt, als bei kleinen Motoren für den Hausgebrauch oder für Spezialzwecke, wie Sprechmaschinenantriebe und ähnliches. Im folgenden soll der Begriff Maschinengeräusch für umlaufende und ruhende Einrichtungen (Maschinen, Transformatoren, Apparate) gelten, die im physikalischen Sinne als Ton bezeichnet werden.

Ein Maschinengeräusch kann folgende Ursachen haben:

1. mechanische Ursachen, hervorgerufen durch Reibung, periodische Lagenänderung einzelner Teile, Zusammentreffen äußerer Impulse mit Eigenschwingungen;
2. Luftgeräusche, Lüftung, Sirenenwirkung;
3. thermische Ursachen, periodische Erwärmung von Teilen geringer Wärmekapazität;
4. magnetische Ursachen, elektrodynamische und magnetomotorische Erscheinungen.

Während Punkt 1 bis 3 leicht zu verfolgen und die Ursachen zu beseitigen sind, kann Punkt 4 zu starken Geräuschen führen, die als pfeifende musikalische Töne oder Akkorde auftreten. Sie sind weniger leicht zu beurteilen und zu beseitigen. Man kann sie jedoch in einem für die Praxis durchaus genügenden Maß einschränken, soweit überhaupt die Technik über Mittel hierzu verfügt.

Um ein Geräusch irgendwelcher Art nach der Lautstärke beurteilen zu können und hiermit eine einwandfreie Handhabe zur Beherrschung der Ursache zu gewinnen, stehen verschiedene technische Verfahren zur Verfügung, deren Verwendbarkeit wiederum je nach den unter 1. bis 4. erwähnten Punkten mehr oder weniger in Frage kommt, und die sich grundsätzlich darin unterscheiden, ob man die Empfindlichkeit des Ohres als Maßstab nimmt oder objektiv messen will.

Die Praxis zeigt, daß das Ohr das Geräusch nicht nur ganz verschieden wahrnimmt, je nachdem es vor der Messung beansprucht oder während der Messung anderweitig beeinflußt wird, sondern auch im Verhältnis zur Dauer der Messung unter Ermüdungsfehlern leidet, wobei wieder jeder Beobachter andere Wahrnehmungen macht. Die Ermüdung desselben Ohres ist aber auch für verschiedene Tonfrequenzen eine andere, so daß nach längerer Beobachtung eines Akkordes das Geräusch eine veränderte Klangfarbe zu haben scheint.

Abb. 1 und **2.** Meßanordnung zur Prüfung von Geräuschen.

Die subjektive Messung unmittelbar durch das Ohr ohne Hilfsmittel scheidet daher in den meisten Fällen aus und eignet sich lediglich für eine mittelbare Messung unter Benutzung des Nullverfahrens. Hierbei wird das Geräusch durch ein Mikrophon aufgenommen und unter Zwischenschalten eines Sprechtransformators auf ein Telephon von hohem ohmischen Widerstand geleitet, Abb. 1 und 2; durch Parallelschalten eines fein unterteilten Widerstandes zum Telephon erhält man ein Maß für die Lautstärke, indem man den Widerstand so lange verringert, bis der Ton im Telephon verschwindet. Diese als „Ohmen" bekannte Messung erfolgt zweckmäßig derart, daß der Telephonbeobachter in einem besonderen schallgedämpften Raum arbeitet. Es ist üblich, als Lautstärkeziffer das Verhältnis des Gesamtleitwertes $\frac{1}{w}+\frac{1}{w_t}$ zum Leitwert des Telephones $\frac{1}{w_t}$ anzugeben, wobei w_t der Widerstand des Telephones und w der Parallelwiderstand bei verschwindendem Ton ist. Die Lautstärkeziffer $\frac{\frac{1}{w}+\frac{1}{w_t}}{\frac{1}{w_t}}$ oder $L=1+\frac{w_t}{w}$ ist also diejenige Anzahl von Telephonen mit dem Widerstand w_t, die man parallel schalten müßte, um das Geräusch im Hörer verschwinden zu lassen. Für die Mehrzahl quantitativer Messungen genügt dieses Verfahren. In beschränktem Maße kann man das Geräusch durch Heraussieben von Grundton oder Obertönen analysieren, indem man Kondensatoren vorschaltet bzw. einen abstimmbaren Kreis auf Resonanz mit einem Partialton bringt, soweit es sich um regelmäßige Töne und Akkorde handelt. Solche kommen insbesondere bei der Untersuchung von magnetischen Geräuschen in Frage, worauf ich noch zurückkomme.

Die objektiven Meßverfahren, die vom Gehör des Beobachters unabhängig arbeiten, verwenden an Stelle des Telephones, soweit es sich um qualitative Messungen handelt, den Oszillographen, und zwar zur Analyse gegebenenfalls wiederum mit vorgeschaltetem Kondensator und abstimmbarem Kreise. Wenn es sich um magnetische Geräusche handelt, so kann in diesem Falle das Mikrophon durch eine oder mehrere Prüfspulen ersetzt werden, die unter dem Einfluß des magnetischen Flusses stehen, der die Geräusche erzeugt. Die Verwendung von Prüfspulen ist jedoch bei dem oben erwähnten unmittelbaren Meßverfahren mittels Telephons nicht ganz einwandfrei, da ein magnetischer Ton, wie unten gezeigt wird, stets die doppelte Frequenz des magnetischen Feldes hat. Der mittels Prüfspule abgehörte Ton entspricht daher nicht dem mit bloßem Ohr im Raum wahrnehmbaren Ton.

Eine objektive Messung für quantitative Vergleiche von Geräuschen wird erfolgreich in der Weise erreicht, daß man den Mikrophonstrom oder bei magnetischen Messungen den Prüfspulenstrom zu einem Röhrenverstärker leitet und den so verstärkten Strom zu einem als Gleichrichter arbeitenden Audion führt. Man erhält dann einen gut meßbaren Gleichstrom. In einem fremderregten dynametrischen oder Drehspulmeßgerät, dessen bewegliche Spannungsspule mit dem Strom des Audions gespeist wird, ergibt der Zeigerausschlag ein objektives Maß für die Lautstärke. Vorschläge in diesem Sinne wurden von verschiedenen Seiten, u. a. während des Krieges von Lieben, gemacht und auf erneute Anregung durch R. Neumann im Versuchsfeld der AEG-Großmaschinenfabrik Ende 1920 vom Verfasser erprobt, nachdem der Verstärker in Verbindung mit der Wheatstoneschen Brücke bereits 1919 im Elektrotechnischen Institut der Danziger Hochschule verwendet

worden war. Diese Umgehung des fehlenden hochempfindlichen Wechselstrommeßgerätes ist neuerdings für Niederfrequenz von Round und für Hochfrequenzmessungen unter der Bezeichnung Röhrenvoltmeter von der Telefunken-Gesellschaft weiter entwickelt worden und dürfte für Niederfrequenzmessungen verschiedenster Art von Bedeutung werden.

Unter anderem hat sich ein wichtiges Anwendungsfeld in solchen Meßverfahren ergeben, die schwache Induktionsspannungen für die Beurteilung der Homogenität magnetischer Baustoffe heranziehen. Das Prüfverfahren von Eisen- und Stahlprofilen, Probestäben, Gußteilen, Turbinenscheiben usw. ist in der Physikalischen Zeitschrift 1906 von Kann angegeben und später in Amerika von Burrows aufgegriffen worden. Der Streufluß des magnetisierten Prüfkörpers an inhomogenen Stellen wird benutzt, um in abtastenden Spulen induktive Spannungen zu erzeugen, die unmittelbar oder in Differenzschaltung mit einer Normalspannung qualitativ die Störungsstelle zu ermitteln erlauben. An Stelle eines Telephons tritt hier erfolgreich die von mir angegebene objektive Stahlprüfung mit Verstärker, Gleichrichter und Gleichstrommeßgerät. Hierdurch werden auch solche Verfahren, die für gewöhnlich infolge der Verwendung von empfindlichen Meßgeräten (Spiegelgalvanometer, ballistische Meßgeräte) nur im Laboratorium zu gebrauchen sind, der Alltagspraxis zugänglich.

Auch für die Überwachung von Fernsprechstörungen infolge induktiver und kapazitiver Beeinflussung durch Starkstromanlagen dürfte das Verfahren eine brauchbare Ergänzung zu dem von Küpfmüller angegebenen subjektiven Verfahren bieten, das mit einem Vergleichssummerton bzw. der entsprechenden Geräuschspannung arbeitet[1]).

Bezüglich der Aufnahme eines Maschinengeräusches muß betont werden, daß normale Mikrophone auf niedrige Tonfrequenzen, z. B. entsprechend der Netzfrequenz, nicht ansprechen, so daß das normale Kapselmikrophon nur zur Erforschung der mittleren und hohen Töne und Akkorde mit Erfolg benutzt wird. Inzwischen hat die Funktelephonie aber für feinere Aufnahmen geeignete Aufnahmemikrophone herausgebracht. Besonderes Augenmerk ist auf die Verbindung des Mikrophones mit der Maschine zu legen, die mit Geräusch arbeitet, so daß tatsächlich nur die Geräusche der Versuchsmaschine in gewöhnlicher Stärke auf die Membran wirken. Ist diese Frage gelöst, so lassen sich, wie unten gezeigt wird, gute Vergleichsaufnahmen machen.

Hier soll nun über einige Versuche zur Vorbereitung eines praktisch geräuschfreien Asynchronmotors berichtet werden, da die Vermeidung magnetischer Geräusche praktische Bedeutung gewinnen kann.

Versuch 1. Ein massives Stück Eisen wurde in das Wechselfeld einer Spule gehängt, das mit Wechselstrom von 500 Per./s gespeist wurde. Das Metall tönte deutlich mit der doppelten Periodenzahl der Erregerfrequenz. Es handelt sich offenbar um sehr kleine Verlängerungen und Verkürzungen des Metalls, wodurch die Luft periodisch angestoßen wird.

Versuch 2. Ein Blechpaket (normale Epsteinprobe) wurde in die mit 50 Per./s gespeiste Magnetisierungsspule gelegt. Das Paket tönte mit der doppelten Erregerfrequenz, die mit Hilfe einer Stimmgabel festgestellt wurde. Hierbei tritt zu der unter Versuch 1 erwähnten Ursache des Geräusches von jedem einzelnen Blech noch die mechanische Schwingung der freien Enden hinzu, hervorgerufen durch die mit der doppelten Frequenz des Erregerstromes erfolgende Abstoßung der gleichnamig polarisierten Bleche. Dieses Geräusch hängt ab von der mechanischen Zusammenfassung der einzelnen Bleche zu einem Paket und ist um so schwächer, je fester die Bleche zusammengehalten sind. Das Geräusch hängt ferner von der Blechdicke ab und ist bei dicken Blechen geringer als bei dünnen. Als dritter Faktor kommt die magnetische Sättigung in Frage. Das Geräusch wächst mit der Kraftliniendichte. Die Wicklung selbst gab in diesem Falle keinen Ton.

[1]) „Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern" 1924.

Versuch 3. Ein Transformator wurde allmählich belastet. Das Geräusch (Ton von doppelter Netzfrequenz) nimmt bei Belastung zu. Für diese Erscheinung ist eine Erklärung in der elektrodynamischen Wechselwirkung zwischen Wicklung und Kern sowie zwischen Primär- und Sekundärwicklung bzw. der Scheibenspulen der entsprechenden Wicklung in sich zu finden.

Abb. 3. Ermittlung der Lautstärke in Abhängigkeit von der Sättigung.

Versuch 4. Der Ständer einer Asynchronmaschine wurde an Spannung gelegt, nachdem der Läufer entfernt worden war. Das Gehäuse tönte im doppelten Zeitmaß der Netzfrequenz. Hierbei tönen offenbar nicht nur die Bleche, sondern das Drehfeld wirkt auch wie bei Versuch 1 auf die Form des Gehäuses.

Versuch 5. Der Ständer wurde ohne Läufer mit verschiedenen Spannungen bis zu 220 V bei 50 Per./s gespeist. Das Geräusch steigerte sich mit steigender Spannung, d. h. steigender Sättigung. (Siehe auch Versuch 7.)

Versuch 6. Es wurde ein Läufer eingesetzt und die Maschine im Leerlauf und unter Belastung beobachtet. Über den vom leeren Ständer erzeugten Grundton der doppelten Netzfrequenz lagern sich zwei hohe Töne, deren Frequenz von der Drehzahl bzw. dem Schlupf, d. h. auch der Belastung, abhängt. (Siehe auch Versuch 7.)

Versuch 7. Es wurden zwei Ständer von je 18 und 24 Nuten mit je 5 Läufern von 13, 15, 23, 28, 31 Nuten im Leerlauf unter Spannungen zwischen 80 und 220 V untersucht. Die Lautstärke wurde durch Ohmen in einem besonderen Raum, wie in Abb. 3 gekennzeichnet, aufgenommen. Die Zahlentafeln 1 und 2 sowie die Kurven der Lautstärke in Funktion der Spannung zeigen den Einfluß der Sättigung für verschiedene Nutenverhältnisse. Die geringste Lautstärke ergab sich für das Verhältnis 18 zu 28.

Zahlentafel 1.
Lautstärkenmessungen in Abhängigkeit von Nutenverhältnis und Sättigung (Asynchronmotor).

Nutenzahl im Ständer	Läufe	Spannung V	Parallelwiderstand Ω	Lautstärke
18	13	220	12	7500
		165	20	4500
		140	60	1500
		120	80	1120
		100	400	225
		90	700	130
18	15	220	10	9000
		200	25	3600
		180	50	1800
		140	90	1000
		120	300	300
		100	900	100
18	23	220	200	450
		200	500	150
		180	9000	10
18	28	220	400	250
		200	1000	90
18	31	220	20	4500
		200	40	2250
		180	60	1500
		140	100	900
		120	150	600
		100	300	300
		80	600	150

a Batterie b Mikrophon c zu prüfende Maschine
d Anodenbatterie e Lautverstärker f Heizbatterie.

Abb. 4. Nachprüfung der Prüfspulaufnahmen durch Mikrophonaufnahmen und Verstärkermeßeinrichtungen.

Versuch 8. Im Ständer wurden auf Joch und Zahn Prüfspulen aufgebracht und folgende Fragen durch ein Oszillogramm untersucht: Wie verhält sich Geräusch und Lautstärke in Abhängigkeit von a) der Umlaufzahl, b) der Belastung, c) dem Nutzenzahlverhältnis und d) der Sättigung?

Die Zahl wurde durch die 50-Perioden-Linie und die Umlaufzahl durch einen Kontaktgeber auf der Läuferwelle mit Gleichstrom aufgezeichnet. Die Prüfspulaufnahmen wurden z. T. durch Mikrophonaufnahmen und Verstärkermeßeinrichtung nachgeprüft, Abb. 4. Von 28 verschiedenen Oszillogrammen sind beifolgend einige charakteristische Aufnahmen ausgewählt. Die obere Kurve entspricht der Joch-Prüfspule, die mittlere der Umlaufzahl des Läufers, die untere der Zahnprüfspule des Ständers. Zur oberen und unteren Kurve 5, 7, 9, wurde jeweils die Vergrößerung aufgenommen, Abb. 6, 8, 10.

Zahlentafel 2.
Lautstärkenmessungen in Abhängigkeit von Nutenverhältnis und Sättigung (Asynchronmotor).

Nutenzahl im Ständer	Nutenzahl im Läufer	Spannung V	Parallelwiderstand Ω	Lautstärke
24	13	220	60	1500
		200	100	900
		180	150	600
		140	250	360
		120	500	180
		100	1000	90
24	15	220	20	4500
		200	60	1500
		180	100	900
		140	800	110
		120	1000	90
24	23	220	25	3600
		200	50	1800
		180	80	1120
		140	100	900
		120	200	450
		100	900	100
24	28	220	50	1800
		200	90	1000
		180	150	600
		140	300	300
		100	800	110
24	31	220	20	4500
		200	40	2250
		180	70	1300
		140	100	900
		120	150	600
		100	200	450

Versuch 9. Zwecks Ausgleich der Flußverteilung wurden die Nuten durch magnetische Keile geschlossen. Da keine genügend stramme Einpassung möglich war, so schwangen diese Keile und verstärkten den Grundton der doppelten Netzfrequenz. Außerdem erwärmte sich das Eisen stark, da die Keilchen in diesen Abmessungen nicht genügend unterteilt werden konnten. Luftspaltvergrößerung zum Ausgleich des Feldes kommt mit Rücksicht auf den Leistungsfaktor nicht in Frage. Ein Läufer mit schrägen Nuten führte zu sehr geringem Erfolg.

Versuch 10. Das günstigste Nutenzahlverhältnis wurde durch Versuche bestimmt. Eine Gesetzmäßigkeit zwischen Nutenzahlverhältnis und Lautstärke konnte aus den Oszillogrammen nicht ermittelt werden.

In Ermangelung eines absoluten Maßes für Geräusche ist vorläufig jede Beurteilung auf relative Feststellungen angewiesen, die lediglich unter Voraussetzungen gelten, die von Fall zu Fall festgelegt werden müssen. Auch das objektive Meßverfahren ist daher nur ein Hilfsmittel für Vergleichszwecke, nicht für absolute Messung von Geräuschen. [B 764]

Abb. 5. 110 V, Ständer 24, Läufer 31 Zähne.

Abb. 6. Vergrößerung von Abb. 5.

Abb. 7. 110 V, Ständer 24, Läufer 13 Zähne.

Abb. 8. Vergrößerung von Abb. 7.

Abb. 9. 190 V, Ständer 24, Läufer 23 Zähne.

Abb. 10. Vergrößerung von Abb. 9.

Abb. 5 bis **10.** Oszillogramme der Prüfspule (50 Per./s).

CHRONIK 1924.

(Schluß von Seite 78).

Lichttechnik.

Kennzeichnend für das vergangene Jahr ist, daß die Lichttechnik sich ihrer Bedeutung als eines in sich geschlossenen technischen Zweiges stark bewußt geworden ist und nun begonnen hat, die physikalischen und besonders auch die physiologischen Forschungsergebnisse auf dem Gebiete des Lichtes als Grundlagen für die Lichttechnik systematisch zu verwerten.

Physikalische und physiologische Grundlagen

Auf dem Gebiete der Energiestrahlung sind die Konstanten der Planckschen Gleichung[1]) neu bestimmt worden und die Versuche auf praktisch wichtige Strahler, wie vor allem das Wolfram[2]), ausgedehnt worden[3]). Man hofft von neuem, die Hohlraumstrahlung zur Festsetzung einer Lichtstärkeneinheit verwenden zu können. Die sogenannte internationale Lichtmeßkommission[4]), die im Juli in Genf (unter Ausschluß Deutschlands und Österreichs) tagte, kommt allerdings mit ihrem dahingerichteten Vorschlage reichlich spät; denn Versuche mit diesem Ziele sind in der PTR in Berlin seit etwa 10 Jahren im Gange. Auf dem Gebiete der Lumineszenzstrahlung sind Versuche in der Richtung gemacht worden, durch Einengung des Leuchtfadens Röhrenlampen für niedrige Spannung zu bauen; die Versuche scheinen Erfolg zu versprechen[5]).

Leuchttechnik.

Die Glühlampe hat keine nennenswerten Fortschritte zu verzeichnen. Bemerkenswert ist die schnelle Einführung der aus Opalglas hergestellten Glühbirnen; man sucht also den größten Nachteil der elektrischen Glühlampe, ihre große Leuchtdichte, gleich an der Wurzel zu beseitigen.

Die Lichtreklame macht im Ausland ungeheure Fortschritte; in Deutschland scheint das Geld dafür zu fehlen, und auch der Geschmack des Publikums, unterstützt von den Behörden, wehrt sich gegen ein Übermaß.

Die Leuchtfarben[6]) sind erheblich verbessert und auf Leuchtdichte und Abklingungszeit abgestimmt, so daß sie nach langen Mißerfolgen vielleicht doch noch eine bedeutende Zukunft haben.

Die Entwicklung der Geleuchte (Beleuchtungskörper) ist durch die Unterscheidung der Tiefstrahler, Breitstrahler usw. zu einem vorläufigen Abschluß gekommen. Man ist jetzt damit beschäftigt, den Wirkungsgrad der Geleuchte zu erhöhen. Hierzu muß die Glastechnik herangezogen werden. Wertvolle Anregungen zur lichttechnischen Behandlung des Glases hat die Jahrestagung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft in Jena[7]) durch einen Vortrag von E. Schott gegeben, nachdem ein Jahr vorher die Frage auf dem Jahrestage der Lichttechnischen Gesellschaft in Karlsruhe[8]) behandelt worden war.

Bemerkenswerte Fortschritte sind bei den Scheinwerfern erzielt; einerseits werden die Scheinwerfer mit Bogenlampen, anderseits solche mit Glühlampen weiter ausgebildet[9]).

Die Gastechnik arbeitet mit Erfolg an der Verbesserung der Straßenlaternen und Geleuchte für Innenräume. Die Ausstellung in Wembley hat solche Fortschritte in unerwartetem Maße gezeigt.

Beleuchtungstechnik

In der Beleuchtungstechnik macht sich die Heranziehung der physiologischen Optik seitens der Lichttechnik besonders stark bemerkbar. Der Begriff der Güte der Beleuchtung wird als solcher förmlich eingeführt und genau erläutert[10]). Die Kontrastempfindlichkeit des Auges, das Stäbchen- und Zapfensehen, die Blendung und andre physiologische Einflüsse, die das Erkennen der Gegenstände bestimmen, werden zur Grundlage der Beurteilung von Beleuchtungsanlagen und ihres Entwurfes gemacht[11]); die Beleuchtungsanlagen und die Mittel zur Beleuchtung werden nach den verfolgten rein nützlichen oder künstlerischen Zwecken schärfer unterschieden[12]).

Die großen Fortschritte der Bühnenbeleuchtung in den letzten Jahren werden durch Vereinfachung und Verbilligung der mechanisch-technischen und lichttechnischen Mittel auch auf kleine Bühnen ausgedehnt[13]), der Schaufensterbeleuchtung wird eine größere Aufmerksamkeit gewidmet.[14]).

Die für den Entwurf von Innenraumbeleuchtung grundlegenden sogen. Wirkungsgrade sind durch umfangreiche Messungen am Raummodell[15]) genauer untersucht worden. Sehr beachtenswert, besonders vom theoretischen Standpunkte aus, ist die weitere Ausbildung des Ondracekschen Verfahrens zur Bestimmung der Beleuchtungsstärke durch großflächige Leuchter, die früher so große Schwierigkeiten gemacht hat[16]).

Auch die Grundlage für die Freibeleuchtung (von Straßen und Plätzen) ist einer neuen Prüfung unterzogen, und einige für den Entwurf wertvolle Sätze sind aufgestellt worden[17]).

Förderung der Lichttechnik

Die statistischen Angaben über die Produktionsförderung durch gute Beleuchtung sind vermehrt worden, leider immer nur noch auf Grund amerikanischer Mitteilungen[18]). Arbeiten, die auf normative oder gesetzliche Festsetzungen abzielen, wie solche über Schulbeleuchtung, Fabrikbeleuchtung und Automobilscheinwerfer, werden in größtem Umfang in Amerika und England und auch in Deutschland von den Vereinen geleistet[19]). Große Förderung darf sich die Lichttechnik von den Vorführungsräumen versprechen, die jetzt allenthalben im Entstehen begriffen sind. Das neueste und schönste Haus dieser Art hat die Osram G. m. b. H. in Berlin errichtet. Die Zahl der Vorträge zur Förderung und Verbreitung des Verständnisses für die Lichttechnik nimmt in erfreulicher Weise zu. Besonders zu nennen sind eine zur Zeit der Frühjahrsmesse vom „Technischen Vorlesungswesen" in Leipzig veranstaltete Vortragsreihe sowie Vorträge über Lichttechnik während der Karlsruher Technischen Woche.

Lichtmessung

Auf dem Gebiete der Photometrie hat man sich mit der heterochromen Photometrie besonders eingehend beschäftigt. Eine Vertiefung in die physio-psychologischen Grundlagen der Lichtwirkung bahnt den Weg zu einer Vergleichung der für die heterochrome Photometrie gegebenen, auf völlig verschiedenen Grundlagen beruhenden Methoden[20]). Den Glanzgrad, einen Begriff, der erst neu definiert wird, mißt ein hierfür konstruiertes neues Photometer[21]). Dem dringenden Bedürfnis nach einfachen Beleuchtungsmessern, das in den letzten Jahren den Bau einer größeren Anzahl solcher Instrumente veranlaßt hat, kommt ein weiteres für die Massenherstellung bestimmtes Instrument der Osram G. m. b. H. entgegen[22]), außerdem ein kleines auf dem Rasterphänomen beruhendes Instrument von Lux[23]). Der Bechsteinsche Beleuchungsmesser[24]) hat sich inzwischen schnell eingeführt und hervorragend bewährt.

[N 1026] Teichmüller.

Heizung.

Zentralheizung

Durch die bessere Belieferung des Hausbrandes mit Koks sind alle gegen die Zentralheizung gerichteten Vorurteile beseitigt worden. Die Annehmlichkeiten und vor allem die Arbeitsentlastung der Bedienung sind so groß, daß insbesondere die Warmwasserheizung auch für die Heizung von Kleinhäusern immer mehr Eingang findet.

Fernheizung

Die Verbindung von Heiz- und Kraftbetrieben, die notwendig zur Fernleitung von Wärme führt, ist eine alte, aber stets von neuem auftauchende Aufgabe, an deren Lösung insbesondere die Gemeinden beteiligt sind. Fernheizwerke wurden in Hamburg, Kiel, Barmen, Braunschweig und andern Städten gebaut. Die Firma Rud. Otto Meyer (Hamburg) hat für Städteheizung eine einfache und neue Lösung dieser an und für sich schwierigen Aufgabe gefunden. Das Heizkraftwerk hat im wesentlichen als Hauptaufgabe die Lieferung von Wärme an die Verbraucher zu erfüllen. Der gesamte in das Fernleitungsnetz geschickte Dampf wird zuerst zur Erzeugung elektrischen Stromes ausgenutzt. Dieser reine Abfallstrom wird an das städtische Kraftwerk abgegeben. Auf diese Weise ist es möglich

1) Coblentz, Journ. Opt. Soc. 1924 S. 11.
2) Lax u. Pirani, Z. f. Phys. Bd. 22 (1924) S. 275; Forsythe, Gen. El. Rev. Bd. 12 (1924) S. 830; Eisenmenger, Licht und Lampe 1924 S. 339.
3) Weitere strahlungstechnische Arbeiten s. a. Podszus, ETZ Bd. 45 (1924) S. 523; Gerdien und Lotz, Z. f. t. Phys. 1924 S. 515; Teucke, Phys. Ztschft. Bd. 5 (1924) S. 115.
4) Trans. Ill. Eng. Soc. Bd. 19 (1924) Nr. 7.
5) Vincent und Biggs, El. World. Bd. 84 (1924) S. 79; Moore, ETZ Bd. 45 (1924) S. 1285.
6) Wolf, Licht und Lampe 1924 S. 311.
7) Z. Bd. 68 (1924) S. 1322; Licht und Lampe 1924 S. 585.
8) Zschimmer, Licht und Lampe 1923 S. 317; s. a. Z. Bd. 67 (1923) S. 572.
9) AEG-Mittlgn. 1924 Nr. 3; Schering, Kinotechnik 1924 S. 377; Meinel, Licht und Lampe 1924 S. 653; Müller, Z. f. t. Phys. Bd. 5 (1924) S. 250; Köhler, Licht und Lampe 1924 S. 652.
10) Teichmüller, Licht und Lampe 1924 S. 526.
11) L. Schneider, Licht und Lampe 1924 Hft. 14.
Andere physiologische Arbeiten siehe: O. Schneider, Licht und Lampe, 1924 S. 725; Ferree und Rand, Trans. Ill. Eng. Soc. Bd. 19 (1924) S. 424; Cobb, Trans. Ill. Eng. Soc. Bd. 19 (1924) S. 150.
12) Heyck, Licht und Lampe 1924 S. 169.
13) Paetow, AEG-Mttlgn. 1924 Nr. 2.
14) Lux, Licht und Lampe 1924 S. 729.
15) Teichmüller, Z. f. t. Phys., Bd. 5 (1924) S. 349; Hasenkämper, Z. f. t. Phys., Bd. 5 (1924) S. 355; F. X. Fischer, Wirtschaftl. Technik 1924 S. 3.
16) Ondracek, E. u. M., Bd. 42 (1924), Lichttechnische Beilage zu Nr 20; Weigel, Licht und Lampe 1924 S. 141.
17) Teichmüller, Licht und Lampe 1924 S. 615.
18) Prentiß, El. World Bd. 229. (1924) S. 1194; Ruffer, Licht und Lampe 1924 S. 229.
19) Trans. Ill. Eng. Soc. Bd. 19 (1924) S. 375; Licht und Lampe 1924 S. 255 u. 425.
20) v. Kries, Z. f. t. Phys Bd. 5 (1924) S. 327; A. Kohlrausch, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 200 (1924) S. 210; Deutsche Opt. Wochenschrift 1924 S. 50; Gibson u. Tyndall, Trans. Ill. Eng. Soc. Bd. 19 (1924) S. 176.
21) Schulz, Z. f. t. Phys. Bd. 5 (1924) S. 135.
22) Licht und Lampe 1924 Nr. 25.
23) Licht und Lampe 1924 S. 492.
24) W. Bechstein, Z. Bd. 68 (1924) S. 1271. Mittlgn. d. Ver. d. El.-W. 1924 S. 206.

geworden, ältere unwirtschaftliche und abbruchreife Elektrizitätswerke wirtschaftlich zu gestalten und ihre Werte zu erhalten. In großem Maßstab ist dieser Gedanke bei dem Fernheizwerk in Hamburg zur Anwendung gekommen. Die wirtschaftlichen Erfolge waren ausgezeichnet. Abgesehen von der für die Dampfverbraucher großen Annehmlichkeit, daß der ganze Betrieb der Heizkesselanlage durch Bedienung eines einfachen Dampfabsperrventils ersetzt wird, ergaben sich noch bei den Heizanlagen Wärmeersparnisse von 30 bis 50 vH gegenüber dem früheren Betriebe mit Heizkesseln. Leider stößt man bei der Ausführung des Gedankens insofern auf Schwierigkeiten, als sich vielfach die Elektrizitätswerke weigern, den Abfallstrom zu übernehmen. Es ist daher erforderlich, daß durch Gesetz wie in Bayern ein entsprechender Zwang ausgeübt wird.

Einzelheizung Eiserne Öfen und Herde. Infolge der Bedeutung, die die minderwertigen Brennstoffe während der überstandenen schwierigen Zeiten gewonnen haben, laufen die Bestrebungen in der Technik der Einzelheizung hauptsächlich darauf hinaus, geeignete Feuerungen zur Verwendung dieser Brennstoffe zu schaffen und die Bedienung auf das geringste Maß herabzusetzen. Dauerbrand konnte man im allgemeinen nur mit Anthrazit oder Koks erreichen. Bemerkenswerte Neukonstruktionen für die Dauerbrandöfen für minderwertige Brennstoffe sind geschaffen worden.

Grudefeuerungen Die im volkswirtschaftlichen Sinne wünschenswerte Verschwelung minderwertiger Brennstoffe zwingt dazu, für die abfallenden Grudekoks Absatzquellen zu suchen. In neuerer Zeit ist es tatsächlich gelungen, Feuerungen für Grudekoks zu schaffen, die hinsichtlich Einfachheit der Bedienung und Billigkeit des Betriebes nichts zu wünschen übrig lassen. Mit den neuen Grudeherdkonstruktionen werden so hohe Temperaturen erzeugt, daß in ihnen jedes Backen, Braten und Rösten möglich ist. Grudeherde bieten im Haushalt so viele außerordentliche Annehmlichkeiten, daß ihre Anwendung in recht großem Umfange wünschenswert ist. Mit ihnen läßt sich vor allem auch für Villen und Kleinhäuser die Warmwasserbereitungsfrage vorzüglich lösen. Ebenso wie die Grudeherde bewähren sich die auf den Markt gebrachten Dauerbrand-Grudeheizöfen.

Kongreß Im August dieses Jahres fand ein Kongreß der Heizungs- und Lüftungsfachmänner in Berlin statt, der eine Fülle praktischer und wissenschaftlicher Anregungen gab, die für die Fachwelt wie für die Allgemeinheit von Bedeutung sind[1]). [N 1019] Wierz.

Unfallverhütung.

Die Erkenntnis, daß die Unfallverhütung nicht nur als sittliche Forderung, sondern auch als wirtschaftliche Notwendigkeit zu betrachten ist, hat sich im abgelaufenen Jahr in weiteren Kreisen durchgesetzt. Man hat erkannt, daß Unfälle nicht nur als privatwirtschaftliche Verluste zu buchen, sondern auch volkswirtschaftlich beachtenswert sind, daß jeder verhütete Unfall dazu beiträgt, unser wertvolles Gut, unsre Arbeitskräfte, zu erhalten.

Gemeinschaftsarbeit Die Gemeinschaftsarbeit in der Arbeitsgemeinschaft für Unfallverhütung nahm ihren Fortgang. Auf dem Gebiete des Maschinenschutzes wurden Vereinbarungen über Landmaschinen, Fuhrwerke, Maschinen für die Leder- und Linoleumindustrie und für die Papierverarbeitung sowie über Fördermittel mit Ausnahme von Aufzügen aufgestellt. Die Forderungen an Aufzüge in unfalltechnischer Beziehung hat der Verband der Aufzugfabrikanten nach eingehenden Verhandlungen mit allen an der Unfallverhütung bei Aufzügen Beteiligten zusammengestellt. Es besteht die Aussicht, daß diese Zusammenstellung von allen Ländern als Polizeiverordnung und von den Berufsgenossenschaften als Unfallverhütungsvorschrift anerkannt und damit auf diesem Gebiete die schon lang angestrebte Einheitlichkeit der Vorschriften im ganzen Reich erreicht wird. Für die einheitliche Fortbildung dieser Vorschriften ist ein deutscher Aufzugausschuß eingesetzt worden.

Statistik Eine erfreuliche Entwicklung ist bei einigen Berufsgenossenschaften auf dem Gebiete der Unfallstatistik zu verzeichnen. Den besonderen Bedürfnissen der Verhütung von Unfällen wird dadurch entsprochen, daß die Statistik nicht nur die Arten der Maschinen, sondern auch die Maschinenelemente, an denen sich die Unfälle ereigneten, sowie die Tätigkeit angibt, bei der der Arbeiter den Unfall erlitten hat. Diese tiefere Gliederung der Statistik ermöglicht erst ihre planmäßige Auswertung für die Unfallverhütung.

Die mit der Überwachung von Ausstellungen und Messen betrauten Unfallschutzkommissionen haben auf Veranlassung der Zentralstelle für Unfallverhütung einheitliches Vorgehen und planmäßige Zusammenarbeit vereinbart. Um die Ausfuhr von Maschinen nicht zu verhindern, haben sie für ausgestellte Auslandmaschinen besondere Bestimmungen aufgestellt. Die Überwachung der Ausstellungen und Messen hat sich als ein ausgezeichnetes Mittel erwiesen, die Leitsätze der Arbeitsgemeinschaft für Unfallverhütung in die Praxis umzusetzen, Unfallingenieur und Maschinenkonstrukteur einander näher zu bringen und die Beachtung der Schutzvorschriften schon beim Bau der Maschinen zu fordern.

Bildpropaganda Von besonderer Bedeutung ist die Förderung der Unfallverhütung durch das Bild. Um Doppelarbeit zu vermeiden, hat der Verband der Deutschen Berufsgenossenschaften eine besondre Unfallverhütungsbild-G.m.b.H. auf gemeinnütziger Grundlage begründet. Diese Gesellschaft, der fast alle gewerblichen Berufsgenossenschaften und der Verband der deutschen landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften angehören, läßt fortlaufend gute Unfallbilder, wovon die ersten schon erschienen sind, von Künstlern und Unfalltechnikern entwerfen und verbreiten. Damit bedient sich die Unfallverhütung eines Mittels, das im neuzeitlichen Werbewesen längst bekannt ist und die Aufgabe hat, einem möglichst weiten Kreis von Menschen den zu verbreitenden Gedanken gleichsam aufzudrängen. Mit der jedem guten Bild eigenen Eindringlichkeit wird dabei dem Beschauer vor Augen geführt, daß die Beachtung der Vorschrift für ihn Vorteile bietet. Diese psychologische Einflußnahme auf den Menschen ist eine notwendige Ergänzung der physikalischen Methode, die man bisher vorwiegend benutzt hat und die nur darauf ausgeht, die Betriebseinrichtungen unfallsicher auszugestalten. Über der Sorge um die Ausgestaltung der Maschinen ist bisher die Einwirkung auf den Menschen zu kurz gekommen. Die Beeinflussung durch das Bild stellt ihn mehr in den Mittelpunkt der schadenverhütenden Tätigkeit. Sie will ihn von seiner Gefahrblindheit heilen, aus seiner Stumpfheit Gefahren gegenüber aufrütteln und für die Gefahren hellsichtig und hellhörig machen. Gelingt dies, dann werden Unfälle aus Leichtsinn, Unachtsamkeit und Sorglosigkeit seltener werden. [N 1025] Michels.

Wärmewirtschaft.

Brennstoffversorgung Die vollständige Freigabe der Brennstoffbewirtschaftung und die genügende Versorgung des Marktes mit allen in Deutschland gewonnenen Brennstoffen haben endlich die Rückkehr zu der gesunden Brennstoffbeschaffung der Vorkriegzeit ermöglicht und damit das größte Hindernis für eine gute Wärmewirtschaft beseitigt. Jede Anlage kann sich wieder mit der für den Ort und ihre Einrichtung am besten geeigneten Kohle versorgen; außerdem hat sich die Aufbereitung der Kohle nach Korn und Reinheit unverkennbar gebessert, so daß auch diese Hemmung des wirtschaftlichen Feuerungsbetriebes zurückzutreten beginnt.

Feuerungen Die starke Entwicklung der Feuerungen für minderwertige Brennstoffe, insbesondere für Rohbraunkohle in den letzten Jahren, wird im Gewinnungsgebiet solcher Kohlen auch weiterhin deren wirtschaftliche Verwertung ermöglichen und den Kreis der Versorgung aus solchen Gebieten erweitern.

Große Beachtung hat in der letzten Zeit die Vorwärmung der Verbrennungsluft gefunden; man kann erwarten, daß dieser Weg insbesondre beim Heizen mit wasserreichen Brennstoffen guten Erfolg, d. h. höhere Leistungen und bessere Wärmeausnutzung liefern wird. Voraussetzung für die Verwendung stark vorgewärmter Verbrennungsluft bei diesen Kohlen ist jedoch gute Durchbildung des selbsttätigen Vorschubs bei Stufenrostfeuerungen. Für hochwertige sortierte Brennstoffe hat der Wanderrost sein Verwendungsgebiet um so leichter behalten, als man ihn durch Stau- und Pendelfeuerbrücken im Anpassungsvermögen wesentlich verbessert hat. An der Entwicklung der Kohlenstaubfeuerung und ihres Zubehörs arbeiten nicht nur Feuerungsfirmen, sondern auch wärmetechnische Körperschaften; der Sachverständigenausschuß für Brennstoffverwendung des Reichskohlenrates und einige Wärmestellen widmen sich der Erforschung wichtiger Grundlagen für die Durchbildung der Staubfeuerung. In Bälde dürfte man mit dieser Feuerung alle Arten von Kleinkohle verwerten können, die man in den bekannten Feuerungen nur mit schlechtem Wirkungsgad verheizen konnte, und die allgemeine Verwendung der Kohlenstaubfeuerungen wird zur Hebung der Ausnutzung dieser Kohle beitragen.

Hochdruckdampf Die im letzten Jahre aufgestellten Kesselanlagen arbeiten im allgemeinen im Druckgebiet von 15 bis 30 at; höhere Drücke sind nur ganz ausnahmsweise zur Verwendung gekommen. Dieses vorsichtige Vorgehen der deutschen Technik ist wohl begründet; denn die Steigerung des Druckes über 30 at bringt für reine Kraftanlagen nur dann wirtschaftlichen Vorteil, wenn neben dem Kessel auch die Kraftmaschine dem hohen Druck entsprechend durchgebildet ist. Die Vorteile der Anwendung hoher Kesseldrücke bei Heizkraftmaschinen werden erst nutzbar werden, wenn zentrale Heizkraftwerke vorhanden sind[1]).

Abwärmeverwertung Abdampf verwendet man allmählich in allen Industrien. In den letzten Jahren haben insbesondere große Hüttenwerke mustergültige Anlagen geschaffen, um den Auspuffdampf der Förder- und Walzenzugmaschinen sowie der absatzweise arbeitenden Hämmer, Schmiedepressen usw. zu verwerten. In einigen Großstädten sind ferner

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1134.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1009.

Heizwerke im Betrieb, die den Abdampf von Elektrizitätswerken für die Heizung ausnutzen, und ihre günstigen Ergebnisse haben Pläne für ähnliche Anlagen angeregt. Auch gemeinsame oder genossenschaftliche Heizkraftwerke zur Versorgung großer Gebiete oder von Gruppen industrieller Werke mit Kraft und Wärme werden in der Industrie und von den Stadtverwaltungen ernstlich erwogen und dürften in nächster Zeit entstehen; sie sind für den weiteren Fortschritt der Kraft- und Wärmeversorgung von großer Bedeutung. Daß man die Abhitze von industriellen Feuerungen und Verbrennungsmaschinen ausnutzt, gilt in beteiligten Kreisen als wichtig; insbesondre hat die Hüttenindustrie ausgiebige Anlagen dieser Art errichtet.

Wärmestellen Alle deutschen Wärmestellen, die von Dampfkesselüberwachungsvereinen oder Fachverbänden begründet wurden, haben sich erhalten, sie waren insbesondre während der zweiten Hälfte des letzten Jahres stark beansprucht, so daß sie sich zum Teil wesentlich erweitern konnten. Dies ist das sicherste Zeichen dafür, daß man die Bedeutung der Wärmewirtschaft in Technik und Industrie erkannt hat.

Wärmewirtschaft im Hausbrand Die Bestrebungen, auch beim Volk Verständnis für Sparsamkeit mit Brennstoff zu wecken und durch wärmetechnische Belehrung in der Schule zu fördern, hatten den Erfolg, daß die preußische Unterrichtsverwaltung diesen Unterricht in den Lehrplan aufgenommen hat. Gleichzeitig wurden Mittel für die entsprechende Weiterbildung der Lehrerschaft zur Verfügung gestellt. Die übrigen Länder dürften diesem Beispiel folgen. Diese allgemeine Belehrung und die Werbearbeit der wärmewirtschaftlichen Verbände in Industrie und Gewerbe dürften zur Verbesserung der Wärmewirtschaft im Haushalt beitragen.

[N 21] Eberle.

Normung.

Stand der Arbeiten Die Arbeiten des Normenausschusses der Deutschen Industrie sind in dem vergangenen Jahre, nachdem die Wirtschaftslage der Industrie sich zwar kaum gebessert, aber doch gefestigt hatte, wieder ein beträchtliches Stück vorangekommen, so daß jetzt insgesamt 794 Normblätter gegenüber 543 im Vorjahre bezugfertig vorliegen; davon sind 251 Fachnormen.

Für das Gebiet der Maschinenteile konnten die Normen für Keile und Paßfedern, Schrauben, Blechnieten, Bedienungselemente und Hebemaschinen ganz oder nahezu zum Abschluß gebracht werden.

Auf dem Gebiete des Bauwesens ist die für den Kleinwohnungsbau so bedeutungsvolle Reichshochbaunormung beendet, ebenso in gewissem Maße die Normung für den Eisenbau. Die Baupolizeivorschriften sind bis zur Vorlage an die Behörden gediehen.

Für Werkzeuge sind die fertigen Normen für Lehren und Meßscheiben, Bohrfutterkegel usw. hinzugekommen. Neu aufgenommen wurde die Normung der Fräser. Für Werkzeugmaschinen ist das Normblatt über Leitspindelsteigungen erschienen.

Die Rohrleitungsnormen sind jetzt bis zu den Druckstufen 32 at für Dampf und 40 at für Wasser sachlich abgeschlossen und damit auch die von den Rohrleitungen abhängigen Groß-Gas- und Wasserarmaturen sowie die Dampfarmaturen zur endgültigen Drucklegung reif. Den neueren Bestrebungen im Dampfkesselbau entsprechend befinden sich Rohrleitungsnormen bis 80 at Dampfdruck bzw. 100 at Wasserdruck in Vorbereitung. Die Normung der Hähne, Manometer und Thermometer ist, zusammengefaßt in einem Sonderheft, der Öffentlichkeit zur Kritik unterbreitet. Für schwere Rohrverschraubungen sind die endgültigen Normen erschienen. Die Normen für die Autogenindustrie stehen vor dem Abschluß.

Die Werkstoffnormen haben für Eisen und Stahl einen gewissen Abschluß erreicht; für Stahlguß steht das endgültige Normblatt zu erwarten. Die Normblätter für Nichteisenmetalle (Kupfer, Messing, Aluminium, Nickel, Schlaglot, Silberlot, Lötzinn, Lagerweißmetall) sind in den Arbeitsausschüssen endgültig verabschiedet. Auch 22 Normblätter über Halbzeuge aus Nichteisenmetallen können demnächst herausgegeben werden.

Auf dem Gebiet der Formatnormung ist die Herausgabe des Geschäftsbriefvordruckes zu erwähnen, ferner der Entschluß zahlreicher technischer Zeitschriften, zum Normformat 210 × 297 überzugehen.

Fachnormenausschüsse In erfreulichem Maß ist im vergangenen Jahre der Zusammenschluß mit den Fachnormenausschüssen gefördert worden. Bis auf eine Ausnahme erscheinen jetzt sämtliche Fachnormen unter dem DIN-Zeichen, d. h. ihre Abstimmung zu den Normen der allgemeinen Industrie wird gewährleistet. Besondere Fortschritte haben die Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrotechnik gemacht, auf dem jetzt etwa 100 Normblätter abgeschlossen vorliegen. Für den Lokomotivbau ist die Zahl der bezugfertigen Normblätter von 34 auf 68 gestiegen. Besondere Erwähnung verdienen die durch die Arbeiten des Lokomotiv- und des Allgemeinen Wagen-Normenausschusses gezeitigten Fortschritte des Austauschbaues an Lokomotiven und Eisenbahnwagen, der für die Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnwesens von einschneidender Bedeutung ist. Für das Feuerwehrwesen konnten die im allgemeinen Interesse als besonders dringlich empfundenen Arbeiten so weit gefördert werden, daß demnächst die wichtigsten Normen vorliegen werden. Neuerdings sind auch für den Bergbau die Normungsarbeiten wieder tatkräftig aufgenommen worden.

Dinbücher Zu den für abgeschlossene Normungsgebiete herausgegebenen Dinbüchern über Papierformate, Gewinde, Passungen, Transmissionen und Zeichnungen ist das Dinbuch 11 für Keile hinzugekommen.

Einführung der Normen in die Praxis Der stets zunehmenden Zahl der Normblattbezieher ist zu entnehmen, daß die Dinormen immer weitere Verbreitung finden. Nachdem die Praxis mehr und mehr zur Herstellung von genormten Teilen übergegangen ist, ist dem NDI auch die Beschaffung guter Ausstellungsgegenstände und dadurch die Veranstaltung von Ausstellungen auf Messen und bei besonderen Anlässen auf breiterer Grundlage möglich geworden. Auch in den technischen Schulen hat die Normung in erheblichem Maß an Boden gewonnen. Gefördert wird die Einführung der Normen in die Praxis neuerdings auch durch persönliche Fühlungnahme mit den einzelnen Firmen.

Dinbestellkartei Die Dinbestellkartei, auf deren Einrichtung und Aufgaben im vorjährigen Bericht hingewiesen wurde, hat einen erheblichen Zuwachs erfahren, so daß auch hierin ein Beweis für die zunehmende Einführung der Dinormen erblickt werden kann und die Gewähr gegeben ist, daß die genormten Teile nunmehr auch im Handel erhältlich sind.

Normen im Auslande Die Beziehungen zum Auslande sind seitens des NDI weiter gepflegt worden. Die mit der Schweiz ausgearbeiteten Rohr- und Flanschnormen werden voraussichtlich auch in andern Ländern Annahme finden. Bemerkenswert ist auch, daß auf dem letzten Weltpostkongreß für den internationalen Verkehr der Postbehörden untereinander die Normformate angenommen worden sind und das Format 105 × 150 (148) als Weltpostkarte festgelegt worden ist. Im übrigen wird auf den Bericht über die Jahresversammlung des NDI in Z. Bd. 68 (1924) Nr. 52 S. 1351 verwiesen.

[N 1033] Gramenz.

Materialprüfung.

Grundlagen Die im Bericht über das Jahr 1923 genannten Arbeitsverfahren wurden auch im Berichtsjahr in einer Reihe von Einzelarbeiten weiter verfolgt; erkennbar ist das Bestreben, die bestehenden Prüfverfahren weiter in der Richtung auszugestalten, daß sie mehr noch als bisher sichere und eindeutige Schlüsse auf das Verhalten des Materials bei praktischen Beanspruchungen gestattet. Von den im vorigen Bericht angekündigten Normblättern über Prüfverfahren erschien eine Reihe, die insbesondere die Grundlagen der Werkstoffprüfung behandeln und den Anschluß an die Werkstoffnormblätter bilden.

Prüfung von Metallen Auch im Jahre 1924 wurde über die Kerbschlagprobe und die Dauerfestigkeit von Metallen in größerem Maße von verschiedenen Forschern gearbeitet; hinsichtlich der Kerbschlagprobe wurde eine endgültige Klärung zwar noch nicht herbeigeführt, teilweise traten sogar die Schwierigkeiten in der Auswertung und der Frage der praktischen Verwendung besonders stark hervor. Es darf aber festgestellt werden, daß gleichzeitig erhebliche und wertvolle Aufschlüsse erzielt wurden. Auch die Frage der Verschleißprüfung fand eine weitere beachtliche Behandlung. Hinzuweisen ist auf ein neu vorgeschlagenes Verfahren zur Bestimmung der dynamischen Elastizitätsgrenze durch schlagartige Beanspruchung, wobei allerdings in der Arbeit gezogene Folgerungen nicht unwidersprochen blieben.

Sehr gefördert wurde die Untersuchung von Metallen durch Röntgenstrahlen hinsichtlich der Erforschung des feinbaulichen Gefüges, wobei die Frage des Mechanismus der Kaltverformung im Vordergrund stand. Es ist besonders auf die Arbeiten der Kaiser-Wilhelm-Institute zu verweisen. Auf dem metallographischen Gebiete fand der Ausbau der Ätzmittel weitere Förderung.

Prüfung von feuerfesten Baustoffen In der Untersuchung der feuerfesten Baustoffe wurden im Berichtsjahre erfreuliche Fortschritte gemacht. Vor allem wurde weitere Klarheit geschaffen über die Zweckmäßigkeit und Zuverlässigkeit der Prüfverfahren und die Erschließung neuer Untersuchungsmöglichkeiten; insbesondre wurde auch die Gefügeuntersuchung berücksichtigt. Zu begrüßen ist das Wiederaufleben und die Erweiterung der Grundlagen für einen besonderen Ausschuß für feuerfeste Baustoffe im Normenausschuß der deutschen Industrie. [N 6] E. H. Schulz.

Technisches Schulwesen.

Im vergangenen Jahr ist die Entwicklung im technischen Schulwesen verhältnismäßig ruhig und stetiger vorangeschritten als zuvor und hat sich insbesondere auf den inneren Ausbau (Lehrpläne usw.) erstreckt. Ganz allgemein gilt für alle Schulgattungen, daß der Andrang des Nachwuchses zu den Anstalten im Vergleich zu den Vorkriegsjahren außerordentlich stark gewesen ist. Berücksichtigt man die noch keineswegs überwundene, andauernd ungünstige Lage der Industrie, so kann man die Besorgnis nicht abweisen, daß der schon vorhandenen Arbeitslosigkeit nicht so bald wird gesteuert werden können. Vom Standpunkte der Berufsberatung, der auch im vergangenen Jahre von Behörden, Gemeinden und Verbänden weitere Sorgfalt gewidmet wurde, sollten sich daher nur junge Leute mit großer Eignung und Neigung den technischen Berufen zuwenden.

Das Berufsschulwesen hat sich auf Grund der bestehenden Berufsschulpflicht weiterhin ausgebreitet. Insbesondere hat die Zahl der hauptamtlich angestellten Lehrer gegenüber den Vorkriegsjahren ganz außerordentlich zugenommen, so daß die Gewerbelehrerausbildung in den Seminaren damit nicht Schritt halten konnte. Die Erkenntnis, daß berufstüchtige, fachkundige Lehrer eine Notwendigkeit sind, breitet sich eben in allen beteiligten Kreisen immer mehr aus. Über den Ausbildungsgang der Lehrer dagegen hat sich eine Übereinstimmung in den Anschauungen noch nicht erreichen lassen, so vorteilhaft einheitliche Richtlinien für das ganze Reich wären.

Der Werkschulgedanke ist in den Kreisen der Industrie noch heimischer geworden. Auch mittlere Werke tragen sich mit diesem Gedanken planmäßiger Werkstatt- und Schulausbildung auf Grund der vorliegenden, vorzüglichen Erfahrungen der größeren Betriebe. Die bestehenden Werkschulen sind im Reichsverein der Werkschulen zusammengeschlossen, der mit dem Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen enge Fühlung hält.

Mittelschulwesen Zu den sogenannten Mittelschulen: den staatlichen, städtischen und Privatlehranstalten, war der Zudrang ganz außerordentlich, so daß die beiden erstgenannten Schulgattungen trotz Einrichtung von Parallelklassen auf Jahre hinaus vorbelegt sind. Im Berichtjahr ist sowohl in Augsburg wie in München je eine höhere städtische Lehranstalt hinzugekommen. Die neuerdings sehr betonte Ausbildung für den Betrieb wird in den Betriebfachschulen gepflegt; es bestehen solche nach Ziel und Richtung durchweg verschiedenartige Anstalten in Berlin (Versuchsschule des DATSCH), Charlottenburg, Essen, Remscheid. Näheres ergeben die Mitteilungen des DATSCH im „Maschinenbau". Auch Betriebfachkurse im Abendunterricht wurden in der Gewerbeschule Mannheim eingerichtet. Überall wird technisch-pädagogische Pionierarbeit geleistet. Auch die Schulen des Reiches, die Heeres- und Marinefachschulen sowohl wie die Unterrichtanstalten der Reichsbahn haben, wie aus den bekanntgewordenen Berichten hervorgeht, wertvolle Arbeit geleistet und teilweise ihren Ausbau vervollkommnet.

Hochschulwesen Von außen gesehen hat sich bei den Technischen Hochschulen inzwischen wenig geändert. Die Schädigungen der vorausgegangenen Jahre wurden auszugleichen gesucht und den Erfordernissen neuzeitlicher Fertigung vermehrte Aufmerksamkeit gewidmet. Im übrigen mußten schädliche Wirkungen abgewehrt werden, die der Technik und Wirtschaft durch die preußische Reform der höheren Schulen drohten[1]). Hoffentlich kann im kommenden Jahre von einer besseren Würdigung von Mathematik und Naturwissenschaften seitens des zuständigen preußischen Ministeriums im Zeitalter der Technik berichtet werden!

Neuzeitliche Lehrmittel Auf die Schaffung neuzeitlicher Lehrmittel wurde überall großes Gewicht gelegt. Neben den neuen, im In- und Auslande geschätzten Lehrmitteln des Deutschen Ausschusses für Technisches Schulwesen ist hier noch auf die Bestrebungen der Technisch-wissenschaftlichen Lehrmittelzentrale und der dem V. d. I. angehörigen Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure, des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung und der „Technik in der Landwirtschaft" hinzuweisen. Leider standen dem guten Willen aller Schulen nach Neuanschaffungen dieser Art überaus dürftige Geldmittel gegenüber. Immerhin ist zu hoffen, daß nunmehr die erforderlichen Mittel bewilligt werden, nachdem die Unerläßlichkeit der Lehrmittelbeschaffung erwiesen ist.

Die rege Vereinsarbeit, die von den Lehrern überall geleistet wurde und in zahlreichen Tagungen und Ausstellungen der beteiligten Kreise zum Ausdruck kam, läßt auch für die Zukunft eine den erhöhten Anforderungen der Industrie entsprechende Erziehungsarbeit erhoffen. [N 22] Harm.

[1]) s. Z. Bd. 68 (1924) S. 664.

Gewerblicher Rechtsschutz.

Neue Fassung des Gesetzes Die Flut von Gesetzen, Verordnungen, Bekanntmachungen und andern neuen Bestimmungen, die sich während des Krieges und der Inflationszeit auch über das Gebiet der Patent- und Gebrauchsmuster ergossen hat, ist mit dem Gesetz vom 28. Februar 1924 versiegt. Das Patent- und das Gebrauchsmustergesetz sind in neuer Fassung veröffentlicht worden; leider konnten der Inhalt der wichtigen Bekanntmachung über Vereinfachungen im Patentamte vom 9. März 1917, durch die die Prüfung der Patente den Einzelprüfern überwiesen worden ist, und die Bestimmungen über Wiedereinsetzung in den früheren Stand aus dem Gesetz über eine verlängerte Schutzdauer vom 27. April 1920 in die neue Fassung der Gesetze nicht aufgenommen werden; sie gibt daher keine volle Auskunft über die Rechtslage.

Diese unterscheidet sich außer in den beiden eben erwähnten Punkten vom früheren Zustande wesentlich dadurch, daß die Patentdauer auf 18 Jahre heraufgesetzt, die Patentgebühren bis zum 9ten erheblich vermindert, vom 12ten an aber empfindlich gesteigert worden sind; außerdem sind auch die Zusatzpatente in halber Höhe gebührenpflichtig geworden. Auch bei Gebrauchsmustern ist die Verlängerungsgebühr bedeutend erhöht. Erwartet wird, daß die hauptsächlich aus Patentgebühren herrührenden Einnahmen des Patentamtes den gesamten Haushalt des Reichsjustizministeriums decken und noch einen Überschuß lassen.

Die vorjährige Zahl der Patentanmeldungen von 45 000 ist schon im Oktober überschritten worden.

Ausland Von den durch den Versailler Vertrag neu geschaffenen Staaten haben im vergangenen Jahre mit einer Ausnahme die letzten Gesetze über den gewerblichen Rechtsschutz erlassen, ebenso Rußland. Manche Bestimmungen dieser Gesetze würden sich auch zur Übertragung auf das Deutsche Reich eignen.

Die Anwaltsfrage Die deutsche Patentanwaltschaft hat im Oktober das 25jährige Bestehen des Patentanwaltsgesetzes und des Verbandes deutscher Patentanwälte unter lebhafter Teilnahme der Reichsregierung, des Patentamtes und andrer Behörden und unter zahlreicher ausländischer Beteiligung gefeiert; man kann als sicher annehmen, daß ihr in kurzem die Selbstverwaltung in Form einer Patentanwaltskammer durch Gesetz zugestanden werden wird. [N 1007] F. Neubauer.

Technische Physik.

Festigkeitslehre Von den Arbeitsgebieten der technischen Physik liegt dem Ingenieur am nächsten die Mechanik. Aus der großen Zahl neuerer Versuche sei hier das optische Verfahren der Spannungsmessung genannt. Ein durchsichtiger Körper, der durch Spannungen deformiert wird, wird optisch doppeltbrechend, und zwar fallen die optischen Hauptachsen mit den Achsen des Spannungszustandes zusammen. Man kann hiermit — im eigentlichen Sinne des Wortes — ein Bild der Beanspruchungen von Maschinenelementen, wie des Fußes einer Turbinenschaufel durch die Zentrifugalkraft oder von gebogenen T-Stücken mit abgerundeten und scharfen Ecken gewinnen[1]). Auf dem Grenzgebiet zwischen Festigkeit und Dynamik liegen Untersuchungen der Ermüdungserscheinungen von Werkstoffen bei sehr schnellem Richtungswechsel der Beanspruchung. Dabei stellte sich heraus[2]), daß die Beanspruchung bei 500 Per./s etwa um 20 vH geringer ist als bei 50 Perioden. Um konstante Schwingungszahlen zu erzielen, hat man bei diesen Versuchen die Elektronenröhre herangezogen.

Aero- und Hydrodynamik In der Aero- und Hydrodynamik verdienen neuere Versuche über die pneumatische Förderung[3]) besondere Erwähnung. Sie haben gezeigt, daß die Gesetze des Druckabfalls in Gasen auch für Gemische von Luft und körnigem Fördergut gelten und daß der Förderdruck eine lineare Funktion der spezifischen Fördermenge ist. Bei diesen Versuchen sind u. a., um die einzelnen Körner im Materialstrom bei seiner Bewegung wieder zu erkennen, funkenphotographische Stereoskopaufnahmen der Körner gemacht worden. Eine weitere im vorigen Jahr veröffentlichte hydrodynamische Arbeit[4]) befaßt sich mit dem Druckabfall in glatten Rohren und in Düsen. Dabei ist es ohne Gasometermessungen gelungen, die Ausflußziffer der Normaldüsen des V. d. I. so genau zu bestimmen, daß nunmehr Gasmengen mit beliebig großen Düsen gemessen werden können. Das größte Aufsehen aber hat der zuerst bei der Drehbewegung von Geschossen beobachtete, dann bereits im Jahre 1852 von einem Experimentalphysiker untersuchte und nach ihm benannte Magnus-Effekt erregt, eine Stauwirkung der Luft an einem umlaufenden Körper, die in der Aerodynamischen Versuchsanstalt Göttingen von Prandtl und Ackeret auch quantitativ erforscht und endlich im Berichtjahr durch Flettner zur Fortbewegung von Schiffen nutzbar gemacht worden ist[5]).

[1]) W. Birnbaum, Z. f. techn. Phys. Bd. 5 (1924) S. 143.
[2]) W. Hort, Z. f. techn. Phys. Bd. 5 (1924) S. 434.
[3]) J. Gasterstädt, Forschungsarb. 1924 Heft 265.
[4]) M. Jakob und S. Erk, Forschungsarb. 1924 Heft 267.
[5]) A. Betz, Z. Bd. 69 (1925) S. 9.

Thermodynamik Auf dem Gebiete der Wärme ist in erster Linie die Festlegung der Temperaturskala und der Wärmeeinheiten durch ein Reichsgesetz zu begrüßen, wofür sich der NDI und der Deutsche Verband technisch-wissenschaftlicher Vereine besonders kräftig eingesetzt hatten[1]). Die Technik hat nun in den gesetzlichen thermischen Einheiten eine ähnlich gesicherte Grundlage wie schon längst auf dem Gebiete der Maße und Gewichte und der Elektrizität. Das wesentlichste an dem Gesetz ist die Verwirklichung der Temperaturskala, die auf Grund der Messungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Bereich von — 200 bis über + 2000 ° mit großer Genauigkeit gelungen ist.

Beim Übergang zu immer höheren Dampfdrücken legt man auf Verbesserung der Daupftabellen im Hochdruckgebiet besonderen Wert. In Amerika haben sich drei physikalische Anstalten unter Führung der American Society of Mechanical Engineers zu gemeinsamer Forschung zusammengeschlossen, in Deutschland wird im Münchener Laboratorium für technische Physik und in der Reichsanstalt an diesen Fragen gearbeitet.

Wärmestrahlung Zum Studium und zur Förderung des Wärmedurchganges hat der V. d. I. vor kurzem einen Wärmedurchgangs-Ausschuß einberufen. Auf diesem Arbeitsgebiet sind besonders die im Berichtjahr veröffentlichten Untersuchungen über die Gasstrahlung[2]) bedeutungsvoll, aus denen hervorzugehen scheint, daß bei vielen technischen Öfen und Feuerungen der größte Teil des Wärmedurchganges nicht auf Konvektion und Strahlung von den Wänden, sondern auf die Strahlung der Gase zurückzuführen sind.

Von Geräten für die Strahlungsmessung spielen neuerdings die Gesamtstrahlungsmesser eine wesentliche Rolle. Sie arbeiten mit Thermoelementen, brauchen also keine besondere Stromquelle, ermöglichen Strahlungsmessungen im Vakuum, indem die warme Lötstelle in eine Glashülle eingebaut wird, und selbsttätiges Aufzeichnen der Temperaturkurve. Der Nachteil, daß die Strahlung eines schwarzen Körpers durch die selektive Absorption in der Atmosphäre und in der Glashülle den Charakter der schwarzen Strahlung verliert, läßt sich durch empirische Eichung beheben.

Die pyrometrische Messung kleiner Objekte, z. B. kleiner Schmelzdrähte, wird ermöglicht durch Verwendung von Mikropyrometern, wie eines in der Reichsanstalt gebaut worden ist[3]). Diese Meßmethode eröffnet die Möglichkeit, als Helligkeitsnormale statt des Hohlraumstrahlers, der ein großer komplizierter Apparat ist, die viel einfachere Wolframbandlampe mit indifferenter Gasfüllung (Bändchenbreite von etwa 2 mm) einzuführen. Die Amerikaner haben geeignete Lampen geschaffen; auch mit deutschen Fabrikaten sind erfolgreiche Versuche bis 2500 ° ausgeführt worden.

Röntgenstrahlen Auch von der Röntgenstrahlung sind große Fortschritte zu berichten. Nachdem die Coolidge-Röhre sich immer mehr eingeführt hat, ist man zur Verwendung von Gleichspannungen ohne Umformer, die nur Wellenstrom liefern, übergegangen, indem man den Strom durch ein Glühventil gleichrichtet, damit einen Kondensator lädt und von diesem dann Gleichstrom von etwa 200 000 V Spannung entnimmt. Die Messung der Feinstruktur von Metallen durch Röntgenstrahlen, die in der Metallographie immer weiter fortschreitet, hat man auch zur Untersuchung des Einflusses der mechanischen und thermischen Behandlung auf die Kristallstruktur des Wolframs von Glühlampen benutzt. Endlich ist die Einführung einer Einheit für die in der Medizin anzuwendenden Röntgenstrahlendosis zu erwähnen, die nach einer von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und der Deutschen Röntgengesellschaft gemeinsam aufgestellten Definition[4]) „Röntgen" (1 R) genannt wird. Durch diese Vereinheitlichung, mit der Deutschland allen andern Ländern zuvorgekommen ist, hat auch die deutsche elektromedizinische Industrie einen merklichen Vorsprung im Wettbewerb mit ausländischen Erzeugnissen, da sie Apparate liefern kann, die eine genau bestimmte Röntgenstrahlendosis zu verabreichen gestatten. Durch neuartige Elektronenröhren-Galvanometer[5]), mit denen man Ströme von nur $5 \cdot 10^{-13}$ A so verstärken kann, daß sie mit einem auf Spitzen gelagerten Zeigergalvanometer gemessen werden können, kann man die Röntgenstrahlendosis bei der Behandlung unmittelbar ablesen. Auch Röntgendosiszähler[6]) und -registrierapparate hat man bereits gebaut.

Drahtlose Nachrichtenübermittlung Das Hauptanwendungsgebiet der Elektronenröhre bleibt natürlich die drahtlose Nachrichtenübermittlung. Es mag erwähnt werden, daß, nachdem die Physikalisch-Technische Reichsanstalt eine auf 0,1 bis 0,2 vT genaue Skala der elektrischen Wellenlängen zwischen 1 und 190 km Wellenlänge aufgestellt hat, im vergangenen Jahre nun auch drahtlos die Wellenlängenskala des Bureau of Standards in Washington und des englischen National Physical Laboratory mit der Skala der Reichsanstalt verglichen worden ist. [N 5] Max Jakob.

[1]) M. Jakob, Z. Bd. 68 (1924) S. 1176.
[2]) A. Schack, Z. Bd. 68 (1924) S. 1017 und Z f. techn. Phys. Bd. 5 (1924 S. 267.
[3]) F. Henning und W. Heuse, Z. f. Phys. Bd. 29 (1924) S. 157.
[4]) H. Behnken, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen Bd. 32 (1924) 1. Kongreßheft S. 92.
[5]) K. W. Haußer, R. Jaeger und W. Vahle, Wiss. Veröffentl. aus dem Siemens-Konzern Bd. 2 (1922) S. 325.
[6]) R. Jaeger, „Strahlentherapie" Bd. 16 (1924) S. 487

Mathematik und Technik.

Mathematik in technischen Zeitschriften Die mathematische Behandlung technischer Fragestellungen wird heute von vielen Ingenieuren geübt. Die Fachmathematiker, die sich auf diesem Gebiete betätigen, treten an Zahl ganz erheblich zurück. Fast jede technische Zeitschrift bringt Aufsätze, in denen die mathematische Behandlung zur Geltung kommt, auch wenn man hier nur diejenigen Arbeiten mitzählt, die von den Methoden der Infinitesimalrechnung Gebrauch machen. Zu diesen Zeitschriften gehören in Deutschland, Österreich und der Schweiz hauptsächlich:

1. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure,
2. „Maschinenbau",
3. Elektrotechnische Zeitschrift,
4. Zeitschrift für technische Physik,
5. Zeitschrift für Instrumentenkunde,
6. Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau,
7. Schweizerische Bauzeitung.

Neben diesen Zeitschriften, die nicht ausschließlich der theoretischen Behandlung technischer Probleme dienen, sind noch mit wesentlich mathematisch-technischem Inhalt die

Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik

und das

Archiv für Elektrotechnik

zu zählen. (Das Bauingenieurwesen ist nicht berücksichtigt.)

Eine allgemeine Durchsicht dieser Zeitschriftenliteratur zeigt, welch außerordentlichen Umfang die technisch-mathematischen Behandlungsweisen angenommen haben, und man wird nicht fehlgehen, wenn man etwa 90 bis 95 vH des so entstandenen Stoffes den Nicht-Fachmathematikern zuschreibt.

Motorenrechnung An grundsätzlichen Neuerungen ist eine interessante Arbeit von R. v. Mises in Heft 2 und 3 der Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik 1924: „Motorrechnung, ein neues Hilfsmittel der Mechanik" zu verzeichnen. Der Verfasser führt hier nach dem Vorgange von E. Study die Motoren ein, die insofern über die Vektoren hinausgehen, als sie nicht nur eine Richtung und eine Intensität in dieser besitzen, sondern auch noch eine Drehungsquantität um ihre Richtung aufweisen. Für das Rechnen mit diesen Motoren allein und mit den gewöhnlichen Vektoren zusammen werden die nötigen Regeln aufgestellt, die dann auf verschiedene Aufgaben der Mechanik angewendet werden, wie z. B. die Bewegungsgleichungen des starren Körpers, elastische Stabwerke, strömende Flüssigkeiten usw. Wenn auch das neue Rechenverfahren naturgemäß noch nicht allseitig praktisch ausgestaltet ist, so erkennt man doch heute schon an der Übersichtlichkeit, womit sich die Gesetze der Mechanik schreiben, daß die Motorrechnung berufen ist, ein besonders fruchtbringendes Hilfsmittel mechanischer Untersuchungen zu werden.

Berechnung der Isolatoren Th. v. Kármán hat versucht, das thermisch-elektrische Gleichgewicht in festen Isolatoren mit Hilfe von Dimensionsbetrachtungen aufzuklären; diese Methode hat bekanntlich den Verfasser bei der Behandlung des Reibungsproblems von Flüssigkeiten zu schönen Ergebnissen geführt. Die Arbeit ist im zweiten Heft des Archivs für Elektrotechnik vom Jahre 1924 enthalten, zusammen mit einer Abhandlung von W. Rogowski über den Durchschlag fester Isolatoren, worin die Versuche von K. W. Wagner theoretisch, unter Aufklärung der physikalischen Verhältnisse gedeutet werden, die für den Durchbruch der Elektrizität durch feste Körper bestimmend sind.

Internationaler Kongreß für technische Mechanik In dem im April 1924 in Delft abgehaltenen Kongreß wurden neben zahlreichen physikalisch-technischen Problemen auch solche technisch-mathematischen Charakters erörtert. Von rein theoretischen sind zunächst die Vorträge von I. Tzénoff, Sofia, und G. Hamel, Berlin, über eine neue Form der Bewegungsgleichungen nichtholonomer Systeme zu erwähnen. Ferner trug T. Levi-Cività, Rom, eine strenge Bestimmung der permanenten Wellen endlicher Höhe vor, welche die bekannten Wellengesetze von Stokes und Rayleigh einschließt. Besondere Beachtung fand ein zusammenfassender Bericht von Th. v. Kármán, Aachen, über die Stabilität der Laminarbewegung und die Theorie der Turbulenz, worin versucht wird, den ausgebildeten turbulenten Zustand theoretisch zu berechnen. Über die Vorträge auf diesem Kongreß wird das holländische Komitee im Laufe des Jahres 1925 eine ausführliche Veröffentlichung herausgeben.

[N 23] Prof. Dr. Hort.

RUNDSCHAU.

Brennstoffe.

Stehender Schwelofen.

Anlagen für Tieftemperaturverkokung oder Verschwelung von Kohlen wurden in Deutschland durch den Mangel an Mineralölen im Kriege von Bedeutung. In England waren vorher schon mehrere Verfahren ausgebildet worden, die sich jedoch nicht als besonders brauchbar erwiesen hatten. Die Hauptaufgabe war, Halbkoks zu gewinnen, die als nicht rauchend, aber als leicht verbrennlicher Brennstoff für die offenen Kamine Verwendung finden konnten[1]). In Deutschland dagegen stand die Gewinnung des Urteers im Vordergrund. Man unterscheidet nun bei der Verschwelung der Kohlen zwei Ofenarten: Feststehende Schwelöfen, die während des Krieges ausschließlich benutzt wurden, und zwar in Verbindung mit der restlosen Vergasung des Brennstoffes in Gaserzeugern; die Beschaffenheit des gewonnenen Urteers war infolge seines hohen Staub- und Wassergehaltes nicht gut. 2. Schwelöfen mit sich drehender wagerecht oder wenig geneigt liegender Schweltrommel, bei denen man durch das langsame Umlaufen der Trommel eine dauernde Umschichtung der Kohlen erreichte. Die Schwelrückstände konnten nicht mehr zusammenbacken; jedoch ließen sich staubförmige und starkbackende Kohlen schwer oder gar nicht verarbeiten.

Abb. 1. Schwelofen, Bauart Meguin

Von der Firma **Meguin** A.-G., Butzbach[2]), ist nun ein neuer Schwelofen mit senkrechter, sich drehender Trommel gebaut und in der Versuchsanstalt des Werkes gründlich ausprobiert worden, Abb. 1. Der Verschwelung der Kohle dient eine stehende, aus Blech geschweißte Trommel, die in schnelle Drehung versetzt wird. In dieser Trommel befindet sich eine zweite mit kleinerem Durchmesser, an deren Außenseite Schneckengänge befestigt sind. Die Trommeln laufen in einem feuerfest ausgemauerten Ofen, der auf der ganzen Höhe durch eine Halbgasfeuerung beheizt wird. Um ein Entweichen der sich entwickelnden Schwelgase zu verhindern, hat man an beiden Enden der Trommeln Wassertassen angebracht.

Die Rohkohlen gelangen von oben her in den Ringraum zwischen den beiden Trommeln und werden durch die schnelle Drehung gleichmäßig auf den Umfang der äußeren Trommel verteilt. Von der Schnecke der inneren Trommel werden die Kohlen gleichmäßig nach unten befördert, und die Kohlenschicht wird allmählich von außen nach innen verschwelt. Der untere Teil der Trommel wird nicht geheizt, die erzeugten Halbkoks kühlen sich ab und gelangen durch die Öffnungen im Trommelmantel zur Kokstransporteinrichtung.

Die beim Schwelen sich bildenden Gase und Dämpfe treten durch zahlreiche Öffnungen in den Hohlraum der inneren Trommel. Sie sind auf diese Weise der Einwirkung der Heizgase des Ofens entzogen; ein nachträgliches Zersetzen durch Überhitzung ist somit ausgeschlossen. Durch die Welle am oberen Ende der Trommel werden die Schwelgase abgesaugt und der Kondensationsanlage zugeführt. Diese besteht aus Luftkühler, umlaufendem Teerwascher, Wasserröhrenkühler, Gassauger, Ölabscheider, Gasmesser, Gasbehälter und Behältern für Teer, Öl und Wasser. Die lange Zeit durchgeführten Versuche haben ergeben, daß sich, obwohl die Gasabsaugeleitungen nicht gespült werden, in den bisherigen Betrieben noch keine Verstopfungen gezeigt haben.

In der Versuchsanlage ist eine große Reihe von Kohlensorten untersucht und hierbei den verschiedensten Bedingungen unterworfen worden, Zahlentafel 1. Ferner sind polnisch-oberschlesische Steinkohlen, Staubkohlen, chilenische Steinkohle, Steiermärker Glanzkohle und Lignit untersucht worden. U. a. sind Verschwelungen von oberschlesischer Staubkohle vorgenommen worden. Man erhielt gasarme Halbkoks mit nur 10 vH flüchtigen Bestandteilen, die sich vorzüglich als Reduktionsmittel in Zinköfen eignen. Ferner ergab die Verschwelung einer andern oberschlesischen Kohlenart Halbkoks mit etwa 15 vH flüchtigen Bestandteilen, die als Magerungsmittel einer gasreichen, schlecht backenden oberschlesischen Kokskohle zugesetzt werden konnten. In dem Ofen gelang es zum ersten Mal, staubförmige Steinkohlen und erdige Braunkohlen zu verarbeiten. Wie bereits erwähnt, war es bei Anlagen mit liegender Trommel nicht möglich, diese Verarbeitung vorzunehmen.

Zahlentafel 1. Versuchsergebnisse des Schwelofens Bauart Meguin.

Eigenschaften und Bestandteile der Ko	Gewasch. Staubkohle, Steinkohle Oberschl.	Nußkohle, Steinkohle Oberschl.	Förderkohle Westfalen	Braunkohle Oberhessen	Braunkohle Oberhessen
	Rohkohle:				
Ob. Heizwert . kcal/kg	6108	6259	6708	2276	2767
Wasser . . . . vH	7,46	6,95	5,20	61,8	56,8
Koksausbeute . . . „	61,8	65,08	64,84	17,65	16,76
Flücht. Bestandteile „	30,74	27,97	29,96	20,55	26,43
Asche . . . . „	9,95	9,48	12,46	4,45	4,33
	Ausbeute für je 100 kg:				
Halbkoks . . . . . . „	70,5	69,5	71,0	20,4	16,8
Urteer, wasserfrei . „	9,6	10,2	7,30	7,5	7,4
Schwelgas . . . . . m^3	8,5	17,8	12,3	18 8	23,5
Gasbenzin . . . cm^3/m^3	51	70	51	28,5	33
	Halbkoks:				
Ob. Heizwert, wasserfrei kcal/kg	6690	6588	5800	6237	5945
Wasser . . . . vH	1,4	2,8	3,5	1,9	4,8
Flücht. Bestandteile „	14,2	7,59	9,0	8,9	18,6
Asche . . . . „	13,2	16,23	19,8	20,1	20,48
	Schwelgas:				
Mittl. unterer Heizw. kcal/kg	5950	5200	5490	3930	3650
	Wasserfreier Urteer:				
Staubgehalt . . . . vH	1,0	1,27	0,8	0,54	1,7

Für die Güte des Urteers, der gewonnen wird, ist besonders wichtig, daß keine nachträgliche Zersetzung der gebildeten Dämpfe eintritt und der Teer möglichst staubfrei ist. Durch die Abführung der aus der Kohle gewonnenen Gase durch den Hohlraum der inneren Trommel hat sich gezeigt, daß die Teerausbeute aus der Steinkohle im Drehofen der theoretischen im Aluminiumschwelapparat von Fischer entspricht oder sie noch übertrifft. Die Staubentwicklung wird so gut wie gänzlich vermieden, und im Urteer sind bei Steinkohle höchstens 1 vH und bei Braunkohle bis zu 2 vH Staub gefunden worden. [M 980] Gw.

Werkstoffe.

Stellit und stellitähnliche Legierungen.

Über Stellit und ähnliche Legierungen werden in der Zeitfahrungsergebnisse mitgeteilt[1]). Dieser Sonderstahl verträgt wegen seiner hohen Hitzebeständigkeit rd. die doppelte Schnittgeschwindigkeit von Schnellstahl (unter Voraussetzung sonst gleicher Verhältnisse hinsichtlich des Werkstoffes, des Spannungsquerschnittes, der Spanform, der Schneidenform und des Schneidwinkels) und rd. die verfache von Gußstahl. Die Herstellungskosten betragen entsprechend der Zusammensetzung der Legierung aus nur hochwertigen Stoffen[2]) (Kobalt, Chrom, Wolfram und kleineren Mengen von Mangan, Silizium und Kohlenstoff) das 6- bis 7fache der Kosten für Schnellstahl.

Stellit findet als Drehstahl Verwendung in Form von Plättchen, die auf den Stahlschaft aufgeschweißt, oder von Stangen, die in Stahlhalter gespannt werden. Bei den Scheiben und Walzenfräsern

[1]) Z. V d.I. Bd. 63 (1919) S. 225.
[2]) „Stahl und Eisen" Bd. 41 (1921) S. 1285.

[1]) Maschinenbau Bd. 3 (1924) Heft 28 und Zeitschrift für Metallkunde Bd. 16 (1924) Heft 9 und 10.
[2]) Z. Bd. 67 (1923) S. 423.

werden die Stellitplättchen in den Körper aus S.-M.-Stahl eingelötet. Ausgebrochene Zähne sind jederzeit auswechselbar.

Der Nachteil des Stellits ist seine Sprödigkeit. Um eine Erhöhung der Zähigkeit zu erreichen, ohne daß die Schneidfähigkeit leidet, hat man Untersuchungen mit anderen Zusammensetzungen angestellt, die zu dem zum Patent angemeldeten Akrit führten. Die mittlere Zusammensetzung ist: 38 vH Kobalt, 30 vH Chrom, 16 vH Wolfram, 10 vH Nickel, 4 vH Molybdän, 2 bis 5 vH Kohlenstoff. Das Akrit wird in Profilen beliebiger Form gegossen. Die wirtschaftlichste Verwendung findet es in der beim Stellit angegebenen Weise. Abfallstücke können eingeschmolzen und in neuer Form weiter verwendet werden; Schnellstahlabfälle haben dagegen nur Schrottwert.

Die Versuche an S.-M.-Stahl ergaben bei einer glatten Bearbeitung, wie sie in der Massenfertigung vorherrscht, Mehrleistungen, die zum Teil um mehr als 100 vH über denjenigen von Schnellstahl liegen. Gleich gute Ergebnisse zeigten sich bei der Bearbeitung von Grauguß. Eine Kühlung der Stahlschneide war nicht erforderlich. Auch bei rotglühender Schneidkante des Stahles arbeitet Akrit weiter. Fräser mit Akritmesserköpfen wiesen im Dauerbetrieb Leistungssteigerungen bis zu 300 vH auf. Weitere stellitähnliche Legierungen sind Celsit und Caedit. Gute Erfolge sind auch mit diesen Sonderstählen erreicht worden. Sie sind dort am Platze, wo höchste Schnittgeschwindigkeiten verlangt werden, unter der Voraussetzung, daß entsprechende Höchstleistungsmaschinen zur Verfügung stehen. [N 11] Gw.

Maschinenteile.

Neuer Spannring.

Die in Abb. 2 bis 5 dargestellte Schraubensicherung zeichnet sich durch Kleinheit und Anpaßfähigkeit des Spannringes aus, die ihm bei guter Wirkung unter jeder Schraubenmutter im Eisenbahn-, Geräte-, Wagen- und Maschinenbau genügend Platz sichert und keinerlei Vorbedingungen für seine Anbringung erfordert.

Der neue Spannring, der vom Bochumer Verein für Bergbau und Gußstahlfabrikation hergestellt wird, erhält eine Federkraft, die der zulässigen Belastung (k_z zu 500 kg/cm² angenommen) der zugehörigen Schraube ungefähr entspricht. Z. B. erhält der Spannring für 1"-Schrauben eine Federkraft von 1800 kg, die sich auf 1200 kg verringert, wenn die Nachspannung des Spannringes den Spielraum von einem Millimeter ausgefüllt und dadurch unschädlich gemacht hat.

Diese Nachspannkraft wird erst geringer, wenn bei vernachlässigten Schrauben der Spielraum das Maß von 1 mm wesentlich überschreitet, was aber in beaufsichtigten Betrieben kaum öfter vorkommen dürfte.

Unter schwächerer Federspannung, wie z. B. beim Federring, kann leicht noch Bewegung und Reibung auftreten, die durch genügend starke Federspannung von vornherein verhindert werden kann.

Der neue Spannring (Abb. 2 bis 5) besteht aus einer innen und außen kreisrunden, dünnen, gehärteten Stahlscheibe mit eigenartigen radial gewellten Pressungen und wird vorläufig für Schrauben von ½" bis 2" angefertigt. Seine Größe ist den Größen der normalen Unterlagscheiben gleich. Der aus bestem Federstahl hergestellte Spannring formt sich unter dem Druck der Mutter zu einer vollkommen ebenen Scheibe. Jeder Ring wird einzeln Kflach gepreßt und nachgeprüft.

Wünscht man ausnahmsweise noch größere Nachspannkraft, so legt man zwei Spannringe mit den Wellen ineinander (Abb. 4). Man hat dann doppelte Spannkraft gleich etwa 1000 kg/cm² Beanspruchung des Schraubenschaftes. Wünscht man größeres Federspiel, so verwendet man zwei oder mehrere Spannringe und legt zwischen je zwei Ringe eine gleich große Scheibe von gehärtetem Federstahl, Abb. 5.

Auch die durch Splinte oder andre Einrichtungen gegen Lösen gesicherten Muttern im Maschinen- und Gerätebau sollten außerdem noch mit dem Spannring ausgerüstet sein, da dieser den bleibenden Zusammenschluß der Verschraubung in hohem Grade sichert, während unter der nur mit Splint gesicherten Mutter Bewegung und Reibung vorkommen sann. [M 984]

Abb. 2 bis 5.
Spannring des Bochumer Vereins, verschiedene Anwendungsgebiete.

Gesundheitsingenieurwesen.

Leuchtgas aus dem Klärschlamm von Abwässer-Kläranlagen.

Sumpfgase, die in Bächen, Flüssen, Teichen, Seen, in den Faulräumen von Kläranlagen usw. entstehen, sind allenthalben bekannte Erscheinungen. Es sind Methangase, die sich überall dort bilden, wo organische Stoffe in Fäulnis übergehen und ausfaulen, d. h. die Sonnenwärmemengen wieder abgeben, die zu ihrem Entstehen, zu ihrem Aufbau als Pflanzen und Tiere von der Natur verwendet wurden. Es ist nichts andres als die Ausscheidung eines Teiles der genannten Wärme aus organischen Stoffen unter Zurücklassung nicht fäulnisfähiger, mineralischer Stoffe, dessen Summe als Humus bezeichnet werden kann. Aus diesem Gedankengange heraus läßt sich die theoretische Wärmemenge (Gasmenge) berechnen, die aus jedem organischen Stoff gewonnen werden kann.

Die natürliche Erkenntnis und die theoretisch berechneten Wärmemengen auf Grund von zahlreichen Schmutzwässeranalysen führten zu Untersuchungen der Gase, die den Faulräumen der Kläranlagen, insonderheit den Faulräumen der Emscherbrunnen, entströmten. Die seit den Jahren 1910 bis heute in Erfurt und später oder früher an andern Orten durchgeführten Untersuchungen, Messungen, Versuche und Versuchsbetriebe haben ein klares Bild von den Vorgängen in den Faulräumen für Abwässerklärschlamm gegeben, das an vielen Stellen der Fachliteratur genügend beschrieben und behandelt worden ist[1]).

Diese Ergebnisse lassen sich kurz folgendermaßen zusammenfassen: Die Fäulnis ist auf die Tätigkeit von Bakterien zurückzuführen, deren Lebensmöglichkeit von der Zusammensetzung der Abwässer in chemischer Beziehung, der Wärme und dem Sauerstoffgehalt abhängig ist. Neutrale Abwässer und deren Schlamm sind bei angenehmer Wärme und genügender Frische der Abwässer der beste Nährboden für die Fäulnisbakterien.

Bei der natürlichen Temperatur der meisten Abwässer von 5° im Winter und bis zu 14° im Sommer und bei der durchschnittlich üblichen Faulraumgröße können im Durchschnitt bei heutigen Faulraum-Kläranlagen 3 m³ Gas auf einen Einwohner und in einem Jahr gewonnen werden. Der Schlamm fault dabei nie restlos aus, weil die Kleinlebewesen infolge der ungünstigen Lebensbedingungen nicht in ausreichender Menge zur Entwicklung kommen können und vorzeitig absterben müssen.

Die Schlammaufzehrung kann bei nur natürlich betriebenen Anlagen unter vorgenannten Umständen höchstens ein Drittel der Abfallmenge erreichen. Wärmezusatz, also künstliche Erwärmung der Faulräume, hat die volle Entwicklung der Bakterienkolonien zur Folge, so daß bei rd. 30° im Faulraum volle Ausfaulung erreichbar ist, wenn den Kleinlebewesen auch genügend sauerstoffreiches Wasser geboten wird und zweckmäßige Bewegung (Durchmischung) der im Schlammfaulraum lagernden Schlammassen stattfindet. Der Erfolg solcher Maßnahmen ist an Erfurter Trichtern erkennbar durch den Anfall von 6 bis 10 m³ Gas auf einen Einwohner und in einem Jahr und an der Verringerung der Schlammengen auf ¹/₁₀ der angefallenen Menge.

Für die Abwässer-Kläranlagen sind dabei ferner zwei äußerst günstige Betriebsmomente hervorzuheben:

1. Nur ¹/₁₀ der anfallenden Schlammengen zu trocknen, bedeutet natürlich eine Ersparnis an Arbeit auf den Trockenbeeten. ⁹⁄₁₀ der bisherigen Arbeitskräfte werden gespart und die Verringerung der vorherigen Trockenflächen um ⁹⁄₁₀ ist angängig. Da weiter der Trockenbetrieb bei diesem Verfahren nur im Sommer vor sich zu gehen braucht, können die Beete um weitere 50 vH, also auf ¹/₂₀ der heutigen Flächen verringert werden; denn im Sommer können bei halbwegs günstigem Wetter alle 7 Tage 0,3 m³ Schlamm auf 1 m² Trockenbeet getrocknet werden, während man im Winter 2 bis 4 Monate braucht, um 0,3 m³ auf der gleichen Fläche zu trocknen. 500 m² Trockenbeete können aus diesen Gründen für 100 000 Einwohner ausreichen, weil der Schlamm im Winter im Faulraum ohne jeden Nachteil lagern kann, was bei heutigen Faulräumen nicht oder nur begrenzt möglich ist.
2. Der Gewinn von 3 m³ Gas auf einen Einwohner und in einem Jahr beim natürlichen Faulprozeß ist wohl lohnend, aber nicht befriedigend, wenn durch an sich geringfügige, künstliche Maßnahmen rd. 8 m³ Gas auf einen Einwohner und in einem Jahr gewonnen werden können.

Diese Zahl stellt einen Wert (am Gaskohlenverbrauch gemessen) von 26 kg Steinkohle dar, bei 100 000 Einwohnern also 2600 t im Jahre, was gerade heute volkswirtschaftlich sehr bedeutungsvoll ist. Wärmetechnisch ist es aber, da das Sumpfgas 8 bis 10 000 kcal/m³ aufweist, die doppelte Menge, also 5200 t jährlich, denn die Gaswerke erzeugen 1 m³ Gas von 4 bis 5000 kcal aus 3,3 kg Steinkohle. Fraglos ist es bestimmt ein so großer geldlicher Gewinn für die Städte, die Kläranlagen bauen müssen,

[1]) „Gesundheitsingenieur" Bd. 45 (1922) Heft 12 und 14.

wenn Bauten zur Gewinnung aller Sumpfgase aus den Faulräumen mit künstlicher Unterstützung des Faulvorganges hergestellt werden, daß es unbedingt allen Städten von Vorteil sein muß, nur Kläranlagen mit Sumpfgasgewinnung zu errichten.

1 m³ Gas ist im Gaswerk mit 8 ₰ heutigem Erzeugerpreis und mit 10 bis 11 ₰ Gewinn für den Erzeuger zu bewerten, also mit 18 ₰ Gewinn für 1 m³ Sumpfgas zu berechnen, wenn man folgerichtig die Sumpfgasgewinnung aus Klärschlamm als Erweiterung des Gaswerkes der bauenden Stadt betrachtet.

Bei 100 000 Einwohnern ist also die Einnahme der Kläranlage „Erfurter Trichter" mit Sumpfgasgewinnung = 8 . 100 000 . 0.18 = 144 000 *M* anzusetzen, wovon für Betriebskosten (25 vH), Verzinsung und Amortisation (15 vH) bei Erfurter Trichteranlagen rd. 60 000 *M* abzusetzen sind, also 84 000 *M* Reingewinn verbleiben.

Für den ungünstigsten Fall setze ich den Gewinn um 50 vH herab, also auf 42 000 *M*, um zu sagen, daß selbst ungünstigste Verhältnisse genügend Sicherheit für die Wirtschaftlichkeit von solchen Kläranlagen bieten können, wenn mit deren Betrieb Sumpfgasgewinnung unter Anwendung künstlicher Hilfsmittel verbunden ist.

Es empfiehlt sich daher, „Erfurter Trichter" für Kläranlagen und „Erfurter Trichten" für Sumpfgasgewinnungs-Anlagen[1]) einer besonderen Betrachtung in dieser Hinsicht zu unterziehen, da diese Anlagen geeignet erscheinen, den an derartige Anlagen zu stellenden Bedingungen zu entsprechen.

Natürlich betriebene Faulräume älterer Anlagen müßten für den anfallenden Schlamm während der sechs- bis achtmonatlichen Zeit, die solche Anlagen zum restlosen Ausfaulen nötig haben (im Winter länger) — bei 100 000 Einwohnern 3 l Verschmutzung in 1 m³ Abwasser und 130 l Gesamtabwasseranfall auf einen Einwohner täglich im Normalfalle — 0,130 . 100 000 . 365 . 0,003 . 7/12 = 8300 m³ Raum zur Aufnahme von Schlamm erhalten. Da der Schlamm jedoch bis zu 10 vH der Anfallmenge ausfaulen kann (ob es hier erreichbar ist, ist eine andre Frage), wäre dieser Größe 10 vH von 8300 = 830 m³ zuzusetzen und die Gesamtsumme von 9130 m³ zu halbieren, also 4565 m³ Faulraum nötig, dem noch für Wasser und Gasraum 1500 m³ erfahrungsgemäß zuzusetzen sind, so daß die Faulräume natürlich betriebener Anlagen bei 100 000 Einwohnern rd. 6000 m³ groß sein müßten.

Das Maß wäre richtig, wenn der Faulbetrieb im Sommer wie im Winter gleichmäßig sein könnte. Das ist nicht der Fall. Im Winter fault der Schlamm wegen niedrigerer Temperatur nur mit dem dritten Teile der Sommergeschwindigkeit, so daß in den kalten Monaten mit stärkerer Belastung der Räume gerechnet werden muß, da die Trockenbeete zur Entlastung auch nicht in Frage kommen. Die Faulraumgröße ist daher um ⅓ zu erhöhen und für 100 000 Einwohner mit rd. 8000 m³ als ausreichend anzunehmen.

Bedingung für den Erfolg in der natürlich betriebenen Faulanlage ist, daß der Schlamm genügend häufig gemischt, umgewälzt, mit frischem Abwasser zweckmäßig gewaschen oder gespült und altes Wasser von Zeit zu Zeit beseitigt wird, da ohne diese Maßnahmen der Faulraum gänzlich abstirbt. Daß diese Arbeiten natürlich mit gewisser Vorsicht und unter Beobachtung bestimmter Vorgänge zur Verhütung von Auswaschungen und starken Strömungen nach dem Abfluß ausgeführt werden müssen, ist selbstverständlich.

Das künstlich unterstützte Faulen des Schlammes unter ständiger Sauerstoffversorgung der Kleinlebewesen und Erwärmung der Faulräume und ihres Inhaltes mittels Gasheizung neben den auch für das natürliche Faulen nötigen obengenannten Maßnahmen hat die restlose Ausfaulung des Schlammes in 2 bis 3 Monaten und gänzlich gleichförmigen Betrieb zur Folge. Die Faulraumgröße (Sumpfgas-Gewinnungsanlage) wird sich für „Erfurter Trichter" nach vorstehenden Grundzahlen für 100 000 Einwohner im Normalfalle wie folgt berechnen:

0,130 . 100 000 . 365 . 0,003 · 2,5/12 = ...	rd. 3000 m³
dazu 10 vH geschwundene Massenreste . . .	„ 300 „
zusammen	„ 3300 m²
davon die Hälfte	rd. 1650 „
dazu Wasser- und Gasraum	„ 700 „
zusammen Faulraumgröße	rd. 2350 m²
	„ 2500 „

Bei künstlicher Unterstützung des Faulvorganges sind mithin bei 100 000 Einwohnern 5500 m³ Faulraum weniger nötig, als beim natürlichen Faulbetrieb zur Verfügung stehen müssen.

Für beide Anlagearten ist eine Umwälzpumpe für den Faulrauminhalt und eine Schlammhebeanlage nötig. Zur Erwärmung der Faulräume und zur Aufrechterhaltung von rd. 30° werden bei der künstlich unterstützten Schlammaufzehrung, d. h. Sumpfgasgewinnung aus Faulräumen, für 100 000 Einwohner jährlich 15 000 m³ Gas und eine Hebeanlage mit 2 PS Antriebkraft gebraucht, woraus erhellt, daß die ganzen Mehrkosten der künstlich unterstützten Faulung gleich dem Gewinnausfall für 15 000 m³ Gas etwa 2700 *M* und für Strom 3000 *M*, also zusammen 5700 *M* betragen.

5500 m³ Faulraum (Mehrbedarf bei natürlicher Faulung) verursachen etwa 160 000 *M* Mehrkosten, die, mit 15 vH verzinst und getilgt, jährlich 24 000 *M* kosten, größere Flächen beanspruchen und tiefe Bauwerke wegen der erforderlichen Sohlenneigungen nötig machen.

Der Durchmesser einer runden Faulraumanlage für 8000 m³ natürlich betriebenen Faulraum ist bei 8 m Tiefe einschließlich Trichtersohle mit 52 m zu errechnen, während eine Anlage mit künstlich unterstütztem Faulbetrieb von 2500 m³ Rauminhalt bei 5,5 m Tiefe einschließlich der Trichtersohle nur 32 m Dmr. zu erhalten braucht.

Auf diesen Grundgedanken sind die Sumpfgas-Gewinnungsanlagen „Erfurter Trichter" aufgebaut. Die Aufteilung der Anlage in vier Kammern mit dem in der Mitte liegenden Maschinen- und Bedienungsraum läßt die Absicht erkennen, den Schlamm die vier Räume der Faulanlage nacheinander durchlaufen zu lassen, um den Frischschlamm allmählich zur Reife zu bringen. Das Rohrnetz ist so angeordnet, daß die Bewegung der Schlammassen, die Umwälzung, Spülung und die Entleerung jeder Kammer durch entsprechende Schieberstellung auf jede gewünschte Art und in jeder notwendig werdenden Form möglich ist. Der Schlamm kann von oben und von unten in jede Kammer gebracht, aus jeder Kammer in eine beliebige andre auf dem gleichen Wege gefördert und aus jeder beliebigen Kammer abgelassen werden, ohne dazu besondre Maßnahmen oder lästige Handarbeit anwenden zu müssen. Die Erwärmung und die Belüftung der die Faulräume füllenden Wassermengen zur Unterstützung des Faulbetriebes sind auf dem Wege der Umwälzung dieser Wasser so eingefügt, daß die so behandelten Wasser durch jeden Rohrweg aus jeder Kammer in jede beliebige andre und auch im Kreislaufe rückwärts oder vorwärts, von oben oder unten mit dem faulenden Schlamm in Berührung gebracht werden können. Hierdurch ist die Gewähr für die Möglichkeit zweckmäßiger Behandlung des faulenden Schlammes gegeben und der restlosen Schlammausfaulung der Weg freigemacht.

Bemerkenswert ist die bei diesen Sumpfgas-Gewinnungsanlagen eingerichtete Schlammförderung von den tiefer gelegenen Anfallstellen in die Faulräume. Sie sind hier im Gegensatz zu den bekannten maschinellen Anlagen (Doppelkessel) durch Heberleitungen ohne Schieber, Klappen und Ventile bewirkt, deren Saugkraft durch eine kleine Kreiselpumpe ersetzt ist. Der Heber erhält in seinem Scheitel eine Erweiterung, die so groß bemessen ist, daß sich die den Heber durchströmenden, stark verdünnten Schlammengen darin zwei Stunden aufhalten müssen und so den Schlamm nach unten ablagern, während nur die oben stehenbleibenden Wassermassen durch die Kreiselpumpe im fallenden Arm des Hebers abgesaugt werden. Die reinen Wassermengen gelangen durch das Druckrohr der Kreiselpumpe zum Teil nach dem Mundstück des Hebers im Schlammsammelraum der Kläranlage, dort unter Druck den Schlamm in das Heberrohr spülend und zum Teil der Sicherheit halber zurück zu den Absitzräumen der Kläranlage, um den Reinigungsvorgang der Kläranlage ein zweites Mal durchzumachen. Die Wasser sind frisch, weil der Schlamm, wie er anfällt, aus der Kläranlage nach der Sumpfgas-Gewinnungsanlage gefördert wird.

Das Wasser kann aber auch zur Erneuerung der Faulraum-Wasserbestände auf den mannigfaltigsten Wegen in die Faulkammern gedrückt werden, wobei das verdrängte Wasser aus den Faulräumen nur einen Kreislauf macht. Der Saugheber wird in allen Fällen, in denen es nötig wird, durch selbsttätige Vorrichtungen mit Hilfe der Durchlüftungsanlage für das Faulraumwasser entlüftet. Der im erweiterten Heber abgesetzte Schlamm kann jederzeit nach Ansammlung bestimmter Mengen normal in die erste Faulkammer, aber auch in jede andre Kammer, auf jedem vorbeschriebenen Wege durch Wasserdruck unter entsprechender Schieberbetätigung entleert werden.

Der Betrieb dieser Schlammförderanlage ist dauernd oder unterbrochen durchführbar und billig. Um den Schlamm mit Doppelkesseln und Luft zu fördern, braucht man bei etwa 1,5 at Betriebsdruck 0,5 kW/m³ Strom, während die Schlammförderung nach Art der Erfurter Trichter-Anlagen nu 1 kW Stromverbrauch für 100 m³ Schlammwasserförderung, also 16 m³ Schlammförderung bei 1 : 6 Verdünnung erfordert. Diese Art der Schlammförderung braucht mithin für 8 m³ 0,5 kW Strom und hat keine vom Schlamm berührten und zu Störungen Veranlassung gebenden Schieber, Klappen oder Ventile nötig.

Die sich ständig mit einer Kreiselpumpe umwälzenden Faulraumwasser werden unter Anwendung von Flammrohren mit eignem Gas im Belüftungsraum beheizt. Gleichzeitig wird durch einen Kompressor Luft zugeführt.

Das Gas fließt aus reichlich bemessenen Standrohren (Domen) aus jeder Faulkammer unter eignem Gefälle durch den Zähler ab, um dem Gaswerk oder einer andren Verwendungsstelle zugeführt zu werden. [N 387]

Erfurt. Ing. G. Straßburger.

[1]) „Erfurter Trichter", Abwässer-Verwertungsgesellschaft m. b. H. Erfurt, Andreasflur 7 und Meyfartstr. 10.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Die Berechnung des Werkstoffverbrauches bei gestanzten, gezogenen und gedrehten Gegenständen im Bereich der Metallindustrie. Von Leonhard Glück, Ingenieur. Berlin 1923, Julius Springer. 91 S. m. 125 Abb. u. 10 Zahlent. Preis geb. Gm. 4.

Die Behandlung des Gegenstandes entspricht dem Umfange der landläufigen Erfahrung auf diesem Gebiet, ist also nur als eine für den angehenden Praktiker beschriebene Zusammenstellung anzusehen. Neue Gesichtspunkte konnte ich nicht finden. Die Darstellung enthält wohl fast alle im Betrieb auftretenden Einzelfälle, jedoch in so weitschweifiger Darstellung, daß sie durch die regelmäßig folgende Durchrechnung von Zahlenbeispielen nur undeutlicher gemacht wird. In solchen Darstellungen fehlen, weil offenbar für den Gesichtskreis der gewünschten Leser zu hoch, die allgemeinen Ableitungen, die es erst ermöglichen, die angeführten Gesetze auch in ähnlichen Sonderfällen anzuwenden. Als Beispiel erwähne ich nur die Einreihung der Rundschnitte nach dem regelmäßigen Sechseck, die zum mindesten einer allgemeinen Lösung zugänglich gewesen wäre. Die nur in Sonderfällen mögliche Darstellung auf Seite 20/21 ist gut, ebenso die Gegenüberstellung zwischen Mehrfachschnitt und Einfachschnitt mit Rücksicht auf die Pressenhubzahl.

Die Zusammenziehung der gebogenen und gezogenen Körper in einen Abschnitt (II) und die Behauptung auf Seite 35, daß die Herstellung von Ziehkörpern „sehr gleichartigen Gesetzen unterworfen sei wie die Herstellung einfach gebogener Planteile" ist ein grober technologischer Fehler, selbst wenn man in Abb. 60 neben der Biegearbeit eine Dehnung des wagerechten Streifenteiles annehmen muß. Die Angaben für die Berechnung der Streifenlänge beim Biegen finden sich in „Machinery" Februar 1916 S. 473 und „Werkstattstechnik" 1917 S. 313. Der Verfasser hätte zum mindesten eine dieser Quellen angeben müssen. Ebenso ist die graphische Anwendung der Guldinschen Regel in „American Machinist" 1913/II S. 949 zum mindesten ebenso ausführlich behandelt worden.

Das Einschieben allgemeiner Bemerkungen, für die die heutige technologische Mechanik und Materialkunde noch nicht die geringste allgemein gültige Aufklärung gefunden hat, wirkt unangenehm, wie z. B.: S. 15 „Atomistische Zustände der gegeneinander im Widerstand befindlichen Materialien", S. 28 „Ähnlichkeit mit dem sichtbaren Fließen einer weichen Materie usw.", S. 42, „Die Bestätigung der Guldinschen Regel". Das sind Bemerkungen, die besser weggeblieben wären. Alles in allem wird der angehende Praktiker das Buch gern verwenden; irgendwelche neue Erkenntnisse für einen in dem Betrieb stehenden Mann sind darin nicht enthalten. [E 794] Kurrein.

Lehrbuch der Nomographie auf abbildungsgeometrischer Grundlage. Von H. Schwerdt. Berlin 1924, Julius Springer. 267 S. m. 137 Abb. Preis Gm. 12,90.

Die deutsche Literatur über Nomographie ist durch das obengenannte sehr lesenswerte Werk bereichert worden. Dieses Lehrbuch verfolgt den Zweck, die Leitgedanken zu entwickeln, wonach man neue Tafelformen herleiten kann. Nachdem der Verfasser im ersten Abschnitt die Grundlagen der Darstellung und die Hauptelemente der Nomographie in einfachster Form erklärt hat, werden im zweiten die wichtigsten Funktionsleiter ausführlich untersucht, wobei auf die Ablesegenauigkeit besonders aufmerksam gemacht wird. Die Ausführungen dieses Abschnittes erleichtern dem Leser, andre Leiterarten selbst auszuwerten. Der dritte Abschnitt behandelt kurz die Anamorphose sowie einige Hilfsätze über adjungierte Systeme und bildet eine Einführung zu zwei weiteren Abschnitten über Theorie der Netz- und Fluchtentafeln. Um die Analogie zwischen den beiden Tafelarten theoretisch zu begründen, fügt der Verfasser einen besonderen Abschnitt über duale Abbildungen bei. Der letzte Abschnitt beschreibt einige geradlinige und Kreisablesevorrichtungen. Das Ableselement ist aber ein unbedingtes Bestandteil der Fluchtentafel und kann nicht nur aus einer Geraden, sondern auch aus verschiedensten Kurven oder aus einer Verbindung von Geraden und Kurven usw. bestehen. Leider ist dem Ableselement weder im ersten noch im besondern Abschnitt über Fluchtentafeln genügend Raum gewidmet, weshalb die Vollständigkeit der Darlegungen leidet.

Die zahlreichen Aufgaben, welche jedem Abschnitt beigegeben sind, halte ich für besonders wichtig und nützlich; sie gestatten dem Leser, sich mit dem streng theoretischen Gedankengang des Verfassers vertraut zu machen. Einfachheit der Beweisführungen, Klarheit der Darlegung, trotz der Kürze, tragen ebenfalls zum Verständnis des Werkes bei.

Dem Leser, der mit den Grundregeln der Nomographie bekannt ist und eine gewisse mathematische Vorbildung hat, sei das Buch bestens empfohlen. Auch der Kenner wird manche Anregungen daraus schöpfen.]E 1021[M. Seiliger.

Nitroglyzerin und Nitroglyzerinsprengstoffe (Dynamite). Von Dr. Phokion Naoúm. Berlin 1924, Julius Springer. 416 S. m. 36 Abb. Preis geb. Gm. 18.

Aus seinem reichen Schatz praktischer und wissenschaftlicher Erfahrungen schöpft der Verfasser. Die Darstellung dieses wichtigsten Zweiges der Sprengstoffindustrie, in dem er über 20 Jahre erfolgreich tätig ist, entspricht dem heutigen Stande von Wissenschaft und Technik. Die vollständige Literaturangabe ist durch das Urteil über den Wert der einzelnen Patente und Veröffentlichungen besonders nützlich, ebenso die Angaben über Betriebsergebnisse.

Im geschichtlichen Überblick sind die Arbeiten Alfred Nobels gewürdigt und die auftauchenden Aufgaben: Sicherheit gegen Kohlenstaub und Grubengas, Herabsetzung der Gefrierbarkeit der Dynamite, behandelt.

Das erste Kapitel gibt ein klares Bild mit allen Einzelheiten von der Herstellung des Nitroglyzerins im neuzeitlichen Fabrikbetrieb unter Berücksichtigung der Sicherheitsvorrichtungen, der Anforderungen an die Rohstoffe, der Prüfung der Fertigerzeugnisse, der chemischen und physikalischen Eigenschaften sowie der Erfahrungen über den Bau von Fabrikanlagen.

Im zweiten Kapitel werden die dem Nitroglyzerin verwandten und homologen Salpetersäureester besprochen, wie Glyzerinmono- und Dinitrat, die Ester des Chlorhydrins und des Glyzerinazetats sowie des polymeren Glyzerins. Von den Homologen des Nitroglyzerins ist das Dinitroglykol, das in der Kriegszeit eine weitgehende technische Bedeutung gehabt hat, eingehend erwähnt. Dieses Kapitel ist für den Fachmann besonders wertvoll, da der Verfasser auf diesem Gebiet reiche eigene Erfahrungen besitzt.

Mit vielen Einzelheiten ist die Herstellung der nitroglyzerinhaltigen Sprengstoffe, des Dynamits, der Sprenggelatine, der Gelatinedynamite, der schwer gefrierbaren Nitroglyzerinsprengstoffe und der Sprengstoffe mit geringerem Nitroglyzeringehalt im dritten Kapitel beschrieben.

Das Werk atmet Leben und wird allen Fachgenossen ein willkommener Ratgeber sein. [E 978] P.

Lehrbuch der Chemie. Von Prof. Max Trautz. Zu eigenem Studium und zum Gebrauch bei Vorlesungen. 3. Bd. Berlin und Leipzig 1924, Walter de Gruyter & Co. 1054 S. m. zahlreichen Abb. im Text und auf Tafeln und mit Zahlentafeln. Preis geh. Gm. 40, geb. Gm. 42,50.

Den beiden ersten Bänden des Werkes, das nach der Absicht des Verfassers dem Lernenden ein Bild von dem derzeitigen Stand unsrer Kenntnisse in dem Gesamtgebiet der Chemie vermitteln soll, ist nunmehr nach verhältnismäßig kurzer Zeit der dritte gefolgt, der das umfangreiche Lehrbuch zum Abschluß bringt. Das Erscheinen der ersten beiden Bände wurde in dieser Zeitschrift[1]) angezeigt. Der vorliegende Schlußband trägt den Untertitel „Umwandlungen" und handelt zunächst von der durch die Temperatur beeinflußten Geschwindigkeit, mit der sie sich vollziehen, also von der chemischen Kinetik, genauer von der Thermokinetik, sodann von den Gefügeänderungen, die die Bausteine der Materie, die Molekeln und die Atome, erfahren, und auf die jene Umwandlungen zurückzuführen sind. Da die molekularen Strukturänderungen am eingehendsten bei den Verbindungen des Kohlenstoffs erforscht sind, so bringt der von dem Bau der Molekeln handelnde Abschnitt, die „Topochemie", auf mehr als 500 Seiten einen Abriß der organischen Chemie, in dem auch die biochemischen Vorgänge in einem Umfang behandelt werden, wie dies selbst in größeren Lehrbüchern dieses Sondergebietes der chemischen Wissenschaft nicht zu geschehen pflegt. Die allgemein übliche Unterteilung in aliphatische und zyklische Verbindungen mit ihrer gesonderten Betrachtung wird vom Verfasser im allgemeinen nicht angewendet, weil auch hier, wie schon im ersten Band, die Eigenschaften der ähnlich zusammengesetzten Verbindungen eine vergleichende Betrachtung erfahren.

Weitgehend ist neben der darstellenden Chemie, die die laboratoriumsmäßige Gewinnung der einzelnen Stoffe und Stoffklassen kennen lehrt, die organisch-chemische Technologie berücksichtigt, und die Abschnitte über Zeugdruck und Färberei, über das Gärungsgewerbe, über die technische Gewinnung der Lipoide und viele andre geben einen vortrefflichen Überblick über unsre Kenntnisse in den betreffenden Gebieten und berücksichtigen die neuesten in ihnen gemachten Fortschritte, wie z. B. die zahlreichen und praktisch wichtigen Versuchsergebnisse, die in dem Institut für Kohlenforschung gewonnen worden sind. Die weiteren Teile des Buches sind der Kinetik der Explosionsvorgänge, der Elektro-, Radio-, Photo- und der Magnetokinetik gewidmet, von denen die letztere in den Lehrbüchern gar nicht oder doch nur ganz flüchtig berücksichtigt wird. Sie enthalten viel rein

[1]) 1. Band Z. Bd. 67 (1923) S. 105; 2. Band Z. Bd. 67 (1923) S. 940.

physikalischen Wissenstoff, so die Elektrokinetik die Darlegung der Vorgänge bei der elektrischen Entladung in verdünnten Gasen, die Photokinetik einen Abriß der elektromagnetischen Lichttheorie, der Lichtabsorptions- und lichtelektrischen Vorgänge, der Lumineszenserscheinungen u. a.

Eine ganz gewaltige Arbeitsleistung ist in den drei Bänden des Lehrbuches aufgespeichert, bei der man sich immer aufs neue fragt, wie ein einzelner sie bewältigen konnte, selbst wenn man den Umstand berücksichtigt, daß der Verfasser in einer ganzen Anzahl der hier betrachteten Wissensgebiete selbst forschend tätig war, wie z. B. in der im vorliegenden Band behandelten Photokinetik oder in der der chemischen Kinetik angeschlossenen Betrachtung des Bleikammerprozesses. Das Buch wird jedenfalls als Handbuch (freilich ohne besondere Literaturnachweise) gute Dienste leisten, nicht minder aber auch als Lehrbuch, wenn der Studierende die nicht geringen Anforderungen erfüllt, die an seine geistige Arbeitskraft bei dessen Benutzung gestellt werden.

[E 735] H. Böttger.

Die Methoden der organischen Chemie. (Weyls Methoden.) Herausgegeben von J. Houben. 2. Aufl. 3. Bd. Spezieller Teil. Leipzig 1923, Georg Thieme. 1117 S. m. 35 Abb. Preis geb. Gm. 38.

Die Vollendung des vorliegenden dritten Bandes, der wenige Wochen nach dem Heimgang Ernst Beckmanns erschienen und dem Andenken dieses um die chemische Wissenschaft hochverdienten Forschers gewidmet ist, bietet willkommene Gelegenheit, aufs neue auf dieses bedeutsame Werk hinzuweisen, dessen erster Band in der Zeitschrift[1]) besprochen wurde. In dem gleich seinen beiden Vorgängern mehr als 1000 Seiten umfassenden Großoktavband werden in größeren Abschnitten diejenigen Kohlenstoffverbindungen behandelt, für deren Verhalten die Hydroxyl-, die Aldehyd-, die Carbonyl- und die Carboxylgruppe maßgebend sind, also die Alkohole, Aldehyde, Ketone und Carbonsäuren, denen sich ein ebenfalls mehr als 100 Seiten füllender Abschnitt über die Chinone aus der Feder des Herausgebers und über die organischen Halogenverbindungen, sowie weitere Abschnitte über die Äther und Azetate, die Kohlehydrate, die Laktone, die Superoxyde, Ozonide, Oxoniumverbindungen, die Gerbstoffe und die organischen Schwefelverbindungen anschließen. Den Schluß bildet eine zusammenhängende Darlegung der auch technisch wichtig gewordenen Erscheinungen der Polymerisation und der Depolarisation. Die Verfasser der einzelnen Abschnitte sind auf den von ihnen bearbeiteten Gebieten in mehr oder weniger umfangreicher Weise selbst forschend tätig gewesen, so daß die Vollständigkeit und Zuverlässigkeit des Dargebotenen gewährleistet wird. Der sehr reichhaltige Stoff ist innerhalb der einzelnen Abschnitte im wesentlichen nach denselben Gesichtspunkten geordnet, so daß es trotz seines Umfanges nicht schwer ist, sich in dem Buche zurecht zu finden, auch wenn man sich nicht des ausführlichen Inhaltsverzeichnisses oder des Registers bedienen will. Zweifellos wird das verdienstvolle Werk, das der Herausgeber mit seinen Mitarbeitern in mühsamer Arbeit geschaffen hat, dem arbeitenden Chemiker großen Nutzen bringen.

[E 723] H. Böttger.

Die Badische Anilin- und Sodafabrik. Selbstbiographie. Mannheim 1924, Selbstverlag. 237 S. m. zahlr. Abb. u. Plänen.

Das prächtig ausgestattete Werk ist vorwiegend historisch gerichtet. Es behandelt ausführlich die Entwicklung der Badischen Anilin- und Sodafabrik, die am 6. April 1865 in Mannheim hauptsächlich zur Massenherstellung der damals eben entdeckten Anilinfarben gegründet wurde. Die Geschichte der Anilinfarben ist gleichzeitig die Geschichte der Badischen Anilin- und Sodafabrik. Fast alle größeren Entdeckungen auf diesem Gebiete gehen aus ihren Laboratorien hervor. Die ersten Teerfarbstoffe, das Mauveïn und das Fuchsin und eine Reihe weiterer, sehr wenig echter Anilinfarben waren schon vor der Gründung des Werkes bekannt. Aber erst das Gelingen der Alizarinsynthese fördert die Einführung der Teerfarbstoffe in großem Maßstabe. Eine große Menge verschiedener Farbstoffe wird von ihm in der Folge abgeleitet. Die Entdeckung des Methylenblaus, des Indigos und seiner Abkömmlinge, ferner der in ihrer Echtheit noch unübertroffenen Indanthren-Farbstoffe sind als weitere richtungweisende Entwicklungsstufen des Werkes anzuführen. Es wird gezeigt, wie als sichtbarer Ausdruck der wissenschaftlichen Arbeit ein machtvolles Werk in Ludwigshafen mit neuzeitlichen Einrichtungen und gut durchdachter Organisation entstanden ist, dem bald noch die hauptsächlich die verschiedenen Verbindungen und Nebenerzeugnisse des Stickstoffes herstellenden Werke in Oppau und Merseburg angegliedert wurden.

Das vorliegende Buch will kein Lehrbuch sein, geht jedoch so ausführlich auf die verschiedenen Einzelheiten der Teerfarben- und Ammoniakerzeugung ein, daß der in dieser Beziehung etwas vorgebildete Leser es gut als Nachschlagewerk wird benutzen können. [E 955] Dr. G.

[1]) Z. Bd. 66 (1922) S. 23.

Wie spare ich Kohle? Ein Wegweiser. Von F. zur Nedden. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 131 S. m. 10 Abb. Preis Gm. 2.80.

Vorlesungen über Wasserkraftmaschinen. Von R. Camerer. 2. neubearb. Aufl. Leipzig 1924, Wilh. Engelmann. 515 S. m. 646 Abb. u. 42 Taf. Preis Gm. 28.

Der Gleit- u. Segelflugzeugbau. Von Alfred Gymnich. Berlin 1925, Richard Carl Schmidt & Co. (Bibliothek f. Luftschiffahrt u. Flugtechnik. Bd. 24.) 226 S. m. 182 Abb. Preis Gm. 8.

Die Clapeyronsche Gleichung als Grundlage der Rahmenberechnung. Von Georg Ehlers. Berlin 1924, Deutsche Bauzeitung. 27 S. m. 38 Abb. Preis Gm. 2.

Das Materialprüfungswesen. 1. Aufl. Herausgeg. v. F. W. Hinrichsen. 2. neubearb. u. erw. Aufl. Herausgeg. v. K. Memmler. Stuttgart 1924, Ferd. Enke. 660 S. m. 243 Abb. Preis Gm. 23.40.

Die Elektronen-Röhre in der Meßtechnik. Von A. v. Hippek. Leipzig 1924, Hachmeister & Thal. 24 S. m. 17 Abb. Preis Gm. 2.

Grundlagen zur Bestimmung der mittleren Querschnittsgeschwindigkeit in natürlichen Flußläufen. Von Viktor Kudielka. Leipzig u. Wien 1925, Franz Deutike. 23 S. Preis Gm. 2.10.

Wirtschaftliche Betriebsführung in der Forstwirtschaft. Von Albr. v. Monroy. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 44 S. m. 64 Abb. Preis Gm. 4.50.

Verwaltungs-Akademie Berlin. Aufgaben, Wege u. Ziele der deutschen Beamtenhochschulen. Festschrift zum fünfjährigen Bestehen der Verwaltungs-Akademie Berlin 1919 bis 1924. Herausgeg. v. Walter Pietsch.

Der deutsche Außenhandel im Jahre 1923 und im 1. Halbjahr 1924. Bearb. im statistischen Reichsamt. Berlin 1924, Reimar Hobbing. 388 S. Preis Gm. 12.40.

Kelvin Centenary Oration and Addresses Commemorative. London 1924, Percy Lund Humphries & Co. Ltd.

Walther & Cie. A.-G. Köln-Dellbrück. 1874 bis 1924. Köln 1924, Kölner Verlagsanstalt und Druckerei A.-G.

Aus dem Papier-Adreßbuch v. Deutschland. VII. Ausgabe 1925. **Adreßbuch der deutschen Papier-, Pappen- u. Papierstofffabriken** sowie der Lumpen- u. Altpapier-Großhandlungen und Sortieranstalten. 1. Alphabetisch nach Firmen. 2. Alphabetisch nach Erzeugnissen. Berlin, Papier-Zeitung. 96 S. Preis Gm. 5.

Der wirtschaftliche Auslands-Nachrichtendienst in Deutschland. Von B. Müller-Hagen. Leipzig 1924, G. A. Gloeckner. 28 S. Preis Gm. 1.

Fehlands Ingenieur-Kalender 1925. Für Maschinen- und Hütten-Ingenieure. Herausgeg. v. D. Gerlach. In 2 T. Berlin 1925, Julius Springer. T. 1: 278 S. m. zahlr. Abb. T. 2: 368 S. m. zahlr. Abb. Preis T. 1 u. 2 Gm. 3.60.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ *SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS* ★

NR. 5 **SONNABEND, 31. JANUAR 1925** **BD. 69**

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 140.

Rudolf Schöttler †.

Am 17. Dezember 1924 erreichte uns die Trauerkunde, daß der Geheime Hofrat Prof. Dr.-Ing. eh. Rudolf Schöttler in Braunschweig zugleich mit seiner Gattin einem Unfall erlegen ist. Ein grausames Geschick riß ihn plötzlich aus seinem Schaffen und Wirken heraus und machte seinem arbeitsreichen und erfolgreichen Leben ein Ende.

Rudolf Schöttler wurde am 4. Juni 1850 geboren als Sohn des langjährigen Direktors der Braunschweiger Maschinenbau-Anstalt und Kommerzienrats Schöttler. Seinen Schulunterricht genoß er teils in Magdeburg, teils in Braunschweig auf dem Realgymnasium. Sein Studium am Polytechnikum Braunschweig fällt in die Jahre 1866 bis 1870 Hiernach erhielt er seine praktische Ausbildung in der Maschinenfabrik Buckau und in der Braunschweigischen Maschinenbau-Anstalt. 1873/74 genügte er seiner Dienstpflicht als Einjährig-Freiwilliger bei dem Berliner Eisenbahn-Bataillon, bei dem er später zum Leutnant der Reserve befördert wurde. Nach seiner Dienstzeit ging er in die Praxis als Konstrukteur der Kölnischen Maschinenfabrik Bayenthal und bei A. Spengler, Maschinenfabrik in München-Gladbach. Sodann unterrichtete er zwei Jahre lang als Hauptlehrer an der Städtischen Maschinenbauschule zu Einbeck. Nach kurzer Vorbereitung an der Technischen Hochschule zu Berlin bestand er 1879 die Prüfung für das Lehramt an preußischen Gewerbeschulen mit „Recht gut".

Von 1879 an begann seine Hochschullaufbahn, indem er von diesem Jahr ab bis 1885 als Privatdozent an der Technischen Hochschule Hannover wirkte. Sein Lehrgebiet war: Gas- und Luftmaschinen, Kältemaschinen, Pulsometer und Elektromechanik. Am 1. Januar 1885 wurde er als Dozent an die Technische Hochschule Braunschweig berufen, und am 1. April desselben Jahres zum ordentlichen Professor für Mechanik und Maschinenbauwesen ernannt. Der Technischen Hochschule Braunschweig blieb er bis zu seinem Tode treu. Verschiedentlich an ihn ergangene Rufe andrer Hochschulen hat er abgelehnt. In den Jahren 1898 bis 1900 bekleidete er die höchste akademische Würde: die eines Rector magnificus.

In den letzten Jahren umfaßte sein Lehrgebiet Mechanik, Wärmemechanik, Verbrennungskraft- und Kältemaschinen, Kinematik sowie Untersuchung von Baustoffen und Maschinen. 1902 wurde von ihm das Maschinenbaulaboratorium errichtet, das er im Laufe der Jahre großzügig ausbaute und bedeutend erweiterte. Bis zu seinem am 1. Oktober 1920 erfolgten Übertritt in den Ruhestand hatte er die Leitung des Laboratoriums inne. Selbst noch ein Jahr lang nach seiner Pensionierung mußte er, da ein Nachfolger nicht sofort gefunden werden konnte, seine sämtlichen Vorlesungen und Übungen abhalten.

Über seine reiche schriftstellerische Tätigkeit legen unter anderm zahlreiche Veröffentlichungen in dieser Zeitschrift beredtes Zeugnis ab[1]). Noch bis zu seinem Tode beschäftigte er sich wissenschaftlich. Er arbeitete an der sechsten Auflage seines Werkes „Die Gasmaschine"[2]) und hielt noch eine Vorlesung „Theorie der Gasmaschine" und Übungen „zur Wärmemechanik" an der Technischen Hochschule.

Aber auch außerhalb seines wissenschaftlichen Berufs hat Schöttler segenereich und erfolgreich für die Allgemeinheit gewirkt. So war er jahrzehntelang in der Stadtverwaltung seiner Vaterstadt tätig. Von 1897 bis 1907 war er Stadtverordneter und danach bis zum Jahre 1916 unbesoldeter Stadtrat.

Seine Tätigkeit im Verein deutscher Ingenieure, dessen Vorstandsrat er 25 Jahre angehörte, und im Braunschweiger Bezirksverein ist in unseren Kreisen all-

[1]) Wir erwähnen folgende Arbeiten: Neuere Gasmotoren, Bd. 26 (1882) S. 492 u. Bd. 27 (1883) S. 485; Die Wirkungsweise der Kältemaschinen, Bd. 27 (1883) S. 549; Neuere Kältemaschinen, Bd. 28 (1884) S. 130 u. f.; Die Ausstellung für Handwerkstechnik in Dresden, Bd. 28 (1884) S. 818 u. Bd. 29 (1885) S. 28 u. f.; Heißluftmaschine der Bamag, Bd. 29 (1885) S. 935; Die Verbrennung in der Gasmaschine, Bd. 30 (1886) S. 209 u. f.; Neuere Gasmaschinen, Bd. 31 (1887) S. 906 u. f.; Kraftmaschinen auf der Kleingewerbeausstellung in München, Bd. 32 (1888) S. 1094 u. f.; Neuere englische Versuche mit Gasmaschinen, Bd. 33 (1889) S. 717 u. f.; Neuere Gas- und Petroleummaschinen, Bd. 35 (1891) S. 963 u. f.; Zur Theorie der Absorptionskältemaschine, Bd. 37 (1893) S. 185; Neuere Versuche mit Kältemaschinen, Bd. 37 (1893) S. 1153 u. f.; Petroleummaschinen, Bd. 39 (1895) S. 536 u. 549; Die Dessauer Gasbahn, Bd. 39 (1895) S. 1009; Die Kühlanlage des Schlachthofes zu Köln, Bd. 40 (1896) S. 1165; Die Kältemaschinen auf der Weltausstellung in Paris, Bd. 45 (1901) S. 397; Mond-Gas, Bd. 45 (1901) S. 1593; Englische und amerikanische Versuche an Gasmaschinen, Bd. 46 (1902) S. 89; Neuere Kühlanlagen in Brauereien, Bd. 46 (1902) S. 477; Die Gasmaschinen auf der Gewerbeausstellung in Düsseldorf, Bd. 46 (1902) S. 869 u. f.; Die Spiritusausstellung auf der Ausstellung für Spiritusindustrie in Berlin, Bd. 46 (1902) S. 1157 u. f.; Der mechanische Wirkungsgrad und die indizierte Leistung der Gasmaschine, Bd. 49 (1905) S. 520; Neuere Kraftgaserzeuger, Bd. 49 (1905) S. 1809 u. f.; Leergangsversuche an Gasmaschinen, Bd. 52 (1908) S. 997; Biegungsversuche an gußeisernen Stäben, Bd. 56 (1912) S. 351 u. f.; Untersuchung der indizierten und der Bremsarbeit bei Gasmaschinen und Dampfmaschinen, Bd. 58 (1914) S. 1101.

[2]) s. Z. Bd. 26 (1882) S. 663; Bd. 33 (1889) S. 1248; Bd. 43 (1899) S. 976; Bd. 46 (1902) S. 1979; Bd. 53 (1909) S. 837.

gemein bekannt und hat auch ihre Anerkennung durch seine Ernennung zum Ehrenmitgliede des Hauptvereins wie des Bezirksvereins gefunden.

Für seine hervorragende wissenschaftliche Tätigkeit wurden ihm die höchsten Ehrungen zuteil: 1906 erhielt er den Titel Geheimer Hofrat, 1909 wurde er Ehrendoktor der Technischen Hochschule Hannover in Anerkennung „seiner Verdienste um die Wissenschaften, insbesondere der Arbeiten aus dem Gebiete der Verbrennungsmaschinen".

Schöttler war ein durchaus ehrenhafter Charakter, ein Mann von treudeutscher Gesinnung, den das Kriegsunglück und die Revolution aufs tiefste erschütterte, so daß er fast schwermütig wurde. Allezeit hilfsbereit, legte er sich während des Krieges die schwersten Entbehrungen auf, um an der Linderung des Leides seiner Mitmenschen, soweit es in seinen Kräften stand, helfen zu können. Sein Wissen und seine Charaktereigenschaften brachten ihm nicht nur die Achtung und Liebe seiner Amtsgenossen und Schüler ein, sondern auch aller, die ihm nähertraten und mit ihm zu tun hatten. So bedauern wir denn aufs tiefste sein so tragisches und plötzliches Dahinscheiden Dies um so mehr, da wir wissen, daß die durch seinen Tod entstandene Lücke kaum wieder auszufüllen sein wird.

Ein ehrendes und unauslöschliches Andenken ist ihm gesichert.

Der Verein deutscher Ingenieure. **Der Braunschweiger Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure.**

Die Hin- und Her-Biegeprobe für Förderseildrähte.

Die bisherige behördliche Vorschrift für Förderseildrähte sah im allgemeinen eine Zugfestigkeit der Drähte von 150 kg/mm² vor. Sie enthielt keine Unterschiede bezüglich der Festigkeit und berücksichtigt die Verzinkung nicht. Es ist daher erforderlich, die Vorschrift den heute verwendeten Drähten von höherer Zugfestigkeit und den verzinkten Drähten anzupassen.

Als eine Biegung gilt diejenige aus der Geraden um 90° und zurück in die Gerade. Die Biegungen sind abwechselnd nach links und rechts auszuführen. Zur Vornahme der Drahtprüfungen, d. h. zur Feststellung von Mittelwerten der Biegezahlen hatte eine Biegevorrichtung in der üblichen, jedoch verstärkten Ausführung der Firma v. Tarnogrocki in Essen mit Biegezylindern von $r =$ 5 mm gedient. Berücksichtigt wurden blanke und verzinkte Drähte von 1. unter 160 kg/mm², 2. 160 bis ausschließlich 180 kg/mm² und 3. 180 kg/mm² Zugfestigkeit in den Drahtdicken von 1,5 bis 3 mm.

Das Prüfungsergebnis führte zu dem Vorschlag, für Drähte bis ausschließlich 2,5 mm Dicke den bisherigen Biegehalbmesser von 5 mm und für die größeren Drahtdicken, die für Hauptförderschachtseile in erster Linie in Betracht kommen, einen solchen von 7,5 mm zu benutzen, um die Drahtdicken in bezug auf die Biegezahlen besser zu unterscheiden. Bezüglich der Biegezahlen wird eine Festigkeitsgruppe bis ausschließlich 160 kg/mm² und eine für höhere Festigkeiten unterschieden. Gleich dicke Drähte eines Seiles gelten als zu einer Festigkeitsgruppe gehörig, die nach dem Durchschnittswert der Tragkräfte aller dieser Drähte ermittelt wird. Die Biegezahl soll also nicht etwa für jeden einzelnen Draht entsprechend seiner Zugfestigkeit festgelegt werden. Besteht ein Seil aus gleichstarken blanken und verzinkten Drähten, so sind diese getrennt zu behandeln.

Die Vorschläge für die neuen Biegezahlen liegen für kleine Drahtdicken wesentlich höher als die der bisherigen Vorschrift und nähern sich mehr denen des ehemaligen Verbandes deutscher Drahtseilfabriken[1]) als den von Speer[2]) vorgeschlagenen. Für die mittleren Drahtdicken stimmen sie gut mit denen von Speer überein und sind bei blanken Drähten etwas geringer als die des Verbandes, während sie für verzinkte Drähte darüber liegen. Gegenüber der alten Vorschrift bedeuten sie bei blanken Drähten von geringerer Festigkeit keine Änderung, dagegen stellen sie bei denen von höherer Festigkeit und bei verzinkten Drähten eine Milderung dar. Bei den großen Drahtdicken bedeuten die neu ermittelten Zahlen in guter Übereinstimmung mit Speer eine Milderung der bisherigen Vorschriften. Sie sind bei blanken Drähten teilweise etwas geringer als die Vorschläge des Verbandes, während sie ihnen gegenüber bei den verzinkten Drähten eine Verstärkung darstellen.

Schon früher wurde die Forderung nach einheitlichen Biegevorrichtungen erhoben; denn für die Vergleichversuche gilt die Grundbedingung, daß die einzelnen Biegevorrichtungen genau gleichwertig sind.

Der einwandfreie Zustand der Krümmungsflächen, um die die Drähte gebogen werden, ist für den richtigen Krümmungshalbmesser zu fordern. Die Einspannung des Drahtes in der Biegevorrichtung ist von großem Einfluß auf die Biegezahl. Um eine Pressung zwischen den Zylindern der Biegevorrichtung, die eine erhebliche Verringerung der Biegezahl herbeiführt, zu vermeiden, hat die Untersuchung ergeben, daß die Einführung eines Spielraumes zwischen den Biegezylindern eine Erhöhung der Biegezahl zur Folge hat. Die Einspannflächen erhielten daher Aussparungen zum Einlegen besonderer Spannfutterstücke. Es ist vorteilhaft, das Futter um 0,1 mm gegen die Biegezylinder vorstehen zu lassen, so daß zwischen diesen ein Spielraum von 0,2 mm entsteht. Hierdurch wird zwar eine Verringerung des Biegewinkels herbeigeführt, die Untersuchungen ergaben jedoch eine kaum nennenswerte Zunahme der Biegezahlen.

Besonders zu beachten ist, daß die Drähte möglichst genau senkrecht zu den Biegezylindern stehen. Sie zeigen nämlich bei größeren Biegezahlen das Bestreben, sich geneigt gegen die Biegeebene einzustellen, und zwar erleidet der Draht neben dem Biegen eine Verwindung, ein Vorgang, der als Verwürgung bezeichnet wird. Das Bestreben zur Schrägstellung, zur Verwürgung des Drahtes ist abhängig von der Einspannung. Der größere Abstand dieser von dem Biegezylinder begünstigt sichtbar die Verwürgung der Drähte. Diese Wirkung ist infolge eines größeren Spielraumes zwischen den Biegezylindern weniger auffällig. Da der Einfluß auf die Biegezahl trotzdem erheblich war, wurden die Dehnungsverhältnisse der bei der Biegung am stärksten beanspruchten Fasern untersucht. Bei den Biegeversuchen mit der Einspannung ohne Spielräume blieb die unmittelbar unter der Mitte gelegene Teilstrecke (es wurden je 12 Teilstrecken an den beiden gegenüberliegenden Seiten der Drähte gemessen, die die stärksten Biegebeanspruchungen erfuhren) am stärksten gedehnt, während sich bei der Einspannung mit Spielraum die stärkste Dehnung nach einigen Biegungen auf die benachbarte höhere Teilstrecke verschob. Neue Vorschläge für die Anforderungen an Biegevorrichtungen sind aufgestellt worden.

Bei der Durchführung der Biegeversuche hat sich gezeigt, daß der Einfluß des Verseilens und des ihm folgenden Geraderichtens, wenn es schonend vorgenommen wird, von geringem Einfluß auf die Biegezahl ist. Die Drähte sind mit einem weichen (Kupfer-) Hammer auf einer Holzunterlage zu richten. Außerdem ist darauf zu achten, daß sie genau senkrecht zur Achse der Biegezylinder eingespannt werden, damit man eine erhebliche Vergrößerung der Biegezahl vermeidet. Die Geschwindigkeit der Biegungen darf nicht übertrieben werden. Das richtige Maß dürfte etwa 1 Biegung in 1 s darstellen. Drahtstrecken, an denen bereits ein Zugversuch vorgenommen worden ist, sind für die Biegeprobe nicht zu verwenden.

Die neuen Vorschläge für die Biegezahlen, für die Anforderungen an Biegevorrichtungen und für die Ausführung der Biegeprobe sind von der Preußischen Seilfahrtkommission und der Grubensicherheits-Hauptkommission angenommen worden. Sie gelten zwar damit noch nicht als gesetzliche Vorschriften. Bei Neuausführungen von Biegevorrichtungen sollte ihnen jedoch schon Rechnung getragen werden. („Glückauf" Bd. 60 (1924) S. 1111.) [N 47] Gw.

[1]) Verhandlungen der Seilfahrtkommission Heft 3 S. 407.

[2]) „Glückauf" Bd. 48 (1912) S. 715.

Internationale Schraubennormung.

Ende v. J. fand im American Standards-Committee in New York eine Besprechung über die Normung für Schrauben und deren Gewinde statt, an der auch deutsche Vertreter teilnahmen.

In Amerika sind zwei Arten dieser Normen in den Betrieben eingeführt: die sogenannten „United States Standards" und die „Shop Standards". Die erste Norm ist in bezug auf die Schlüsselweiten im Laufe der letzten Jahre fast vom ganzen europäischen Kontinent angenommen worden. Der amerikanische Unterausschuß hat nunmehr eine dritte Normenreihe vorgeschlagen, die von den beiden bestehenden Reihen wiederum abweicht. Die deutschen Vertreter haben mit Nachdruck darauf hingewiesen, daß die neuen Normen infolge der damit verbundenen Schwierigkeiten und Kosten bei einer Umstellung keine Billigung auf dem Kontinent finden dürften. Man war sich jedoch darin einig, daß es ein wünschenswertes Ziel sei, im weiteren Verlauf der Entwicklung zu einer internationalen Übereinstimmung zu gelangen und zu einem möglichst nahen Zeitpunkt diese Frage in einer internationalen Konferenz in Europa weiter zu verfolgen. [N 40] D.

Neuere englische Dampfturbinen.

Von E. A. Kraft, Berlin.

(Fortsetzung von S. 90.)

English Electric Co., Ltd., Rugby.

Die folgende Zahlentafel zeigt für die verschiedenen Normalgeschwindigkeiten die Leistungsbereiche der Turbinen dieser Firma.

Turbinendrehzahl Uml./min	6000	3000	1500
Leistungsbereich kW	250 bis 2000	3500 bis 20000	5000 bis 40000

Die Firma baut im allgemeinen Eingehäuse-Gleichdruck-Turbinen.

Die Turbine der English Electric Co., die im Kraftwerk der Wembley-Ausstellung aufgestellt war, Abb. 16, leistet 150 kW bei 3000 Uml./min. Sie ist für Frischdampf von 14 at und 316 °C und 93,5 vH Luftleere bestimmt und als Gleichdruck-Räderturbine mit einer zweikränzigen Stufe und acht einkränzigen Stufen gebaut. Der mittlere Schaufelkreisdurchmesser beträgt ungefähr 1100 mm. Das HD-Gehäuse besteht aus Stahlguß. Die Düsen der ersten Stufe sind unmittelbar am Gehäuse befestigt, der Frischdampf wird somit in das Turbinengehäuse eingelassen. Der ND-Teil und der Abdampfstutzen sind aus Gußeisen. Die oberen Gehäusehälften können abgehoben werden, ohne daß Rohranschlüsse abgenommen werden müssen. Die Turbodynamo hat vier Lager, jede Lagerschale wird durch vier an der äußeren Seite kugelig ausgebildete Paßstücke in den Lagerböcken gehalten. Gehäuse und Lagerböcke sind auf einer durchgehenden Grundplatte befestigt. Festpunkte der ganzen Anlage sind die seitlichen Füße des Abdampfstutzens. Diese nehmen fast das ganze Gewicht der Turbine auf, so daß auf den vorderen Lagerbock nur eine geringe Last entfällt. Dieser ist auf Längskeilen geführt und in der Längsrichtung verschiebbar. Das Blockdrucklager im vorderen Lagerbock ist als Einscheibenlager ausgebildet.

Die Laufräder bestehen aus Nickelstahl und berühren weder einander noch die Turbinenwelle unmittelbar. Sie sind mittels besonderer Ringe auf der Welle befestigt, Abb. 17. Diese Ringe sind in Längsrichtung geschlitzt und ähnlich wie Kolbenringe ausgebildet und werden in Ringnuten der Turbinenwelle eingepaßt. Ringe und Räder werden überdies durch Keile gehalten. Die kritischen Drehzahlen der Turbinenwellen liegen stets über der Betriebsdrehzahl. Turbinen- und Dynamowelle sind durch eine bewegliche Doppelzahnkupplung verbunden.

RZ892Z17

Abb. 16. English Electric Co., Ltd., Gleichdruckturbine, 1500 kW, 3000 Uml./min mit Geschwindigkeitsrad in der ersten Stufe.

RZ892Z18

Abb. 17. English Electric Co., Ltd., Zwischenstopfbüchse und Befestigung der Laufräder.

RZ892Z19

Abb. 18. English Electric Co., Ltd., Ölversorgung und Regelung.

Die Außenstopfbüchsen sind im HD- und im ND-Ende durch Kohlenringe abgedichtet. Jeder von ihnen besteht aus drei durch Schlauchfedern zusammengehaltenen Abschnitten; Zwischenringe aus Gußeisen von L-förmigem Querschnitt halten die einzelnen Ringe in entsprechendem Abstand. Auf die Welle sind dort, wo die Stopfbüchsen angeordnet sind, besondere gehärtete Stahlbüchsen aufgezogen.

Die in Gruppen zusammengefaßten Hochdruckdüsen aus Bronze sind in genauer Form und Größe maschinell bearbeitet. Die Zwischendeckel aus Gußeisen sind wagerecht geteilt. Die Düsen für die folgenden Stufen werden durch Bleche aus Nickelstahl gebildet, die in den äußeren Rand der Deckel eingegossen sind. Die beiden Zwischendeckelhälften werden durch Schrauben in der richtigen Lage gehalten, so daß sie beim Abheben der oberen Gehäusehälfte nicht herausfallen. Überdies sind sie durch je drei Keile derart zentriert, daß sie sich frei ausdehnen können. Die Abdichtung zwischen den Kammern der Turbinen besorgen Labyrinthe aus einzelnen Blechen, die in Nuten der Deckelnaben eingestemmt sind. Diese Bleche aus Bronze haben scharfe Schneiden, die erst nach dem Einsetzen in die Deckel genau auf den Durchmesser abgedreht werden.

Die gesamte Beschauflung wird aus ganzen Stangen nichtrostendem Stahl von Thos. Firth & Sons hergestellt. Die Schaufelfüße bilden zugleich die Zwischenstücke und sind in T-förmigen Nuten der Räder befestigt. Auf die Enden der Schaufeln werden einzelne Deckbleche genietet.

Zur Ölversorgung der Turbinen dient eine von der Turbinenwelle mittels Schnecke und Schneckenrad angetriebene Zahnradpumpe. Da die gesamte Ölmenge auf den für den Öl-Servomotor erforderlichen höheren Druck gebracht wird, so ist in die Leitung für die Lagerschmierung ein Druckminderventil eingeschaltet, Abb. 18. Die Pumpe saugt das Öl aus einem Behälter in der Grundplatte der Turbine und drückt es unmittelbar in die Reglervorrichtung und über einen Kühler in die Lager, die Kupplung, den Schneckenantrieb usw. Das Öl läuft hierauf durch ein Sieb ab und zum Behälter zurück. Beim Anlassen und beim Notbetrieb der Turbine arbeitet eine durch eine kleine Dampfturbine angetriebene Hilfsölpumpe, Abb. 19. Am oberen Ende der senkrechten Welle der Ölpumpe ist das Turbinenlaufrad, am unteren Ende das Pumpenrad von rd. 125 mm Dmr. befestigt. Bemerkenswert ist, daß die Turbinenbeschauflung aus dem Laufrad herausgeschnitten ist, also Schaufeln und Rad ein einziges Stück bilden. Das ergibt einen sehr kräftigen Aufbau. Der Dampfdruck für diese kleine Turbine wird durch ein Drosselventil derart geregelt, daß ihre Drehzahl nicht über ein bestimmtes Maß steigen kann. Die Hilfsölpumpe ist mit einem Druckregler versehen, durch den sie selbsttätig in Betrieb gesetzt wird, wenn der Öldruck unter ein bestimmtes Maß sinkt.

Zwischen dem Drehzahlregler und der Spindel des Drosselventils ist ein Öl-Servomotor derart eingebaut, daß der Regler nur einen kleinen Steuerkolben zu betätigen braucht, um Drucköl über oder unter den Kolben des Servomotors einzulassen. Die Kolbenstange des Servomotors ist unmittelbar mit der Spindel des Drosselventils gekuppelt,

Abb. 19. English Electric Co., Ltd., Hilfsölpumpe mit Turbinenantrieb.

a Pumpengehäuse und Deckel.
b Pumpen-Verbindungsstück.
c Pumpenkreisel.
d Turbinengehäuse.
e Turbinengehäusedeckel.
f Düsenplatte.
g Verkleidung.
h Ungefährer Ölspiegel.
i Turbinenlaufrad.

Abb. 20. English Electric Co., Ltd., Anordnung des Reglers und des Ölservomotors für das Hauptdrosselventil.

a Fliehkraftregler.
b Michell-Lager.
c Ölpumpe.
d Reglerhebel.
e Öl-Steuerschieber.
f Handklinke.
g Schnellschluß-Ausklinkhebel.
h Motor für elektrische Drehzahlregelung.
i Gleitkupplung.
k Ölregulierschieber.
l Geschwindigkeitseinstellung (durch Hand zu betätigen)
m Hauptdrosselregulierventil.
n Temperaturmeßstelle.

Abb. 20. Eine Drehzahl-Verstellvorrichtung am Steuerzylinder gestattet, die Drehzahl der Turbine um ±5 vH zu ändern. Der Regler ist auf einer senkrechten Welle angeordnet und wird mittels Schnecke und Schneckenrad von der Turbinenwelle angetrieben. Für die Lagerung des Antriebes werden durchweg Kugellager verwendet. Nach Abheben des oberen Deckels liegt der ganze Regler frei. Er kann somit leicht geprüft und überholt werden.

Bei Turbinen, deren erste Stufe aus einem Geschwindigkeitsrad besteht, erhält diese Stufe drei besondre Düsengruppen. Die Dampfzuleitung wird durch Hilfsventile unmittelbar von der Spindel des Hauptdrosselventils geregelt. Bis zu einer gewissen Teillast wird Frischdampf nur den Düsen an der unteren Gehäusehälfte zugeleitet. Für volle Last und Überlast werden nacheinander die oberen Düsengruppenventile geöffnet, Abb. 21 und 22.

Abb. 21 bis 22. English Electric Co., Ltd., Anordnung der Düsengruppenventile.
a Vorrichtung zum Einstellen der Düsenventile. b Dampfkasten. c Regulierzylinder. d Dampfeinlaß. e HD-Dampfeinströmung. f Dampfsieb. g Düsengruppenventil für Überlast. h Düsengruppenventil für Vollast. i Düsen.

Die neuere Gleichdruck-Räderturbine mittlerer Größe von 3000 Uml./min, Abb. 23, hat kein Geschwindigkeitsrad, sondern verarbeitet den Dampf in acht einkränzigen voll beaufschlagten Stufen. Bei Überlast werden einige Stufen der Turbine überbrückt, so daß ein Teil des Frischdampfes durch ein Hilfsventil unmittelbar in eine spätere Stufe eintritt. Bemerkenswert sind die Anordnung der Düsen für den Überlastdampf und die Ausbildung der Laufschaufeln der betreffenden Stufe, die eine gute Ausnutzung der Energie dieser Dampfmenge bezweckt. Die Schaufeln sind durch einen Quersteg in zwei Abschnitte geteilt, von welchen der innere für die Dampfmenge bis zur vollen Belastung, der äußere für den Überlastdampf bestimmt ist. Abb. 24 zeigt die Verbindung des Drosselventils mit dem Hilfsventil. Das Gestänge des Drehzahlreglers ist so eingestellt, daß im ersten Teil des Hubes der Kolben des Steuerzylinders und somit auch des Drosselventils Dampf bis zur vollen Belastung unmittelbar in die Turbine geleitet wird. Bei weiterem Steigen der Spindel des Drosselventiles öffnet sich das Hilfsventil. In beiden Fällen geht also die gesamte Frischdampfmenge durch das Hauptdrosselventil; dies hat den Vorteil, daß die Düsengruppenventile und das Überlast-

Abb. 23. English Electric Co., Ltd., Gleichdruckturbine mit acht einkränzigen Stufen.

ventil bei Teillasten nicht durch den vollen Kesseldruck belastet werden und daher eher dicht halten.

Jede Turbine ist mit einem vom Drehzahlregler getrennten Schnellschlußregler versehen, Abb. 25. Die Spindel des Schnellschlußventils ist am oberen Ende mit einem Ölzylinder *a*, *b* gekuppelt. Neben dem Ölzylinder ist ein Ölsteuerkolben *g* angeordnet, dessen Oberseite mit dem Ölsteuerzylinder des Hauptdrosselventils in Verbindung steht und dessen Unterseite von einer Feder belastet wird. Beim Inbetriebsetzen der Turbine fördert die Hilfsölpumpe Drucköl über den Kolben, so daß sich das Absperrventil öffnet. Der Schnellschlußregler besteht aus einem exzentrischen Ring, der das vordere Ende der Turbinenwelle umschließt und durch eine Feder in zentrischer Lage gehalten wird. Schlägt der Schnellschlußregler aus, so streift er zunächst einen gehärteten Hebel, und dieser löst mittels einer Klinke eine kräftige Feder aus, die das Absperrventil schließt. Zu heftiges Schließen des Absperrventils verhindert ein Luftpuffer an der Spindel. Beim Schließen des Absperrventils tritt Öl in den oberen Teil des Steuerzylinders, wodurch sich das Drosselventil schließt. Bei Überschreiten der Betriebsdrehzahl um 10 vH werden also Hauptdrosselventil und Hauptabsperrventil geschlossen. Beide können auch mit der Hand ausgelöst werden. Da Absperrventil und Drosselventil nicht fest gekuppelt sind, so kann das Versagen des einen die Wirkungsweise des andern nicht beeinträchtigen. Da das Absperrventil durch Öldruck betätigt wird, so wird die Turbine nicht nur bei unzulässiger Erhöhung der Drehzahl, sondern auch dann abgestellt, wenn der Öldruck stark sinkt.

Für die Leistungen von 250 bis 2000 kW in Landanlagen und für die Schiffsbeleuchtung dient eine Turbine von 6000 Uml.-min, Abb. 26. Sie ist gleichfalls eine Gleichdruck-Räderturbine mit sechs am ganzen Umfang beaufschlagten einkränzigen Stufen.

Abweichend von der oben beschriebenen 1500 kW-Turbine sind manchmal die Hochdruckdüsen aus Stahlguß und die Zwischendeckel aus Stahl hergestellt. Längere hochbeanspruchte Schaufeln werden auf den Rädern nicht mittels T-förmiger Nuten, sondern durch reiterförmige Ausbildung der Schaufelfüße befestigt, Abb. 27.

Bei den neuerdings gebauten Zweigehäuseturbinen der Firma arbeitet der HD-Teil nach dem Gleichdruckverfahren, der ND-Teil nach dem Überdruckverfahren. Abb. 28 zeigt den Schnitt einer solchen zweigehäusigen Turbine. Die HD-Turbine besteht aus zwölf einkränzigen, am ganzen Umfang beaufschlagten Stufen. Sämtliche Laufscheiben und die Welle bestehen aus einem Stück. Der Überlastdampf wird vor den Düsen der fünften Stufe eingeleitet. Die Turbinentrommel des ND-Teiles ist für Doppelstrom ausgebildet und besteht gleichfalls aus einem vollen Schmiedeblock. In diesen Turbinen kommen somit die jeder Bauart eigenen Vorteile in Anwendung. Im HD-Teil kann man

RZ892Z25

Abb. 24. English Electric Co., Ltd., Steuerung mit Hauptdrosselventil und Überlastventil.

a Normaler Hub vor Betätigung des Überlastventiles.

RZ892Z26

Abb. 25. English Electric Co., Ltd., Anordnung des Schnellschlußventils.

a Schnitt A—A, Kolben des Ölzylinders in Betriebstellung.
b Schnitt A—A, beim Ausklinken.
c Regulierventil für Luftpuffer.
d Ölzufluß zum Ölsteuerkolben.
e Abfluß.
f Ölzuleitung.
g Ölsteuerkolben in Betriebstellung.
h Schnitt durch Ölsteuerzylinder in Betriebstellung.
i Ölaustritt vom Steuerkolben.
k Ölabfluß aus dem Ölsteuerzylinder.
l Schnitt durch Ölsteuerzylinder in Ausklinkstellung.
m Steuerkolben in Ausklinkstellung.

Abb. 26. English Electric Co., Ltd., Gleichdruckturbine für 250 bis 2000 kW Leistungsbereich und 6000 Uml./min.

kleine Spielräume vermeiden und kleinen Axialschub erhalten. Da der ND-Teil im Doppelstrom arbeitet, also kein Axialschub auftritt, und der Einfluß der Spielräume im Gebiet der großen Dampfinhalte geringer ist, so sind auch die Verhältnisse für die ND-Turbine günstig.

General Electric Co., Ltd.

Diese Dampfturbinen werden von Fraser & Chalmers, Erith, gebaut. Sie arbeiten im Gleichdruck und haben eine größere Zahl von Stufen, die meist in einem Gehäuse untergebracht sind. Im allgemeinen werden durchweg einkränzige Druckstufen verwendet, manchmal in der ersten Stufe auch ein zweikränziges Geschwindigkeitsrad. Der

Abb. 27. Befestigung von längeren Laufschaufeln.

gesamte Frischdampf, auch der für die Überlast, wird in die Düsen der ersten Stufe eingeleitet, so daß Dampf von hohem Druck nicht unmittelbar in spätere Stufen gelangt.

Kennzeichnende Arten dieser Turbine sind die normale Turbine von 3000 Uml./min für Leistungen von 4000 bis 8000 kW, Abb. 29, mit elf einkränzigen Stufen, die auf einzelnen Rädern angeordnet sind. Die Turbodynamo hat vier Lager. Auch die 10 000 bis 15 000 kW-Turbine von 3000 Uml./min, Abb. 30, besteht nur aus einkränzigen Stufen. Sie hat neun Räder. Die Turbodynamo ist als Vierlagermaschine ausgebildet.

Die Turbine für 15 000 bis 20 000 kW bei 3000 Uml./min, Abb. 31, ist dadurch bemerkenswert, daß die beiden letzten Niederdruckstufen als Doppelstufen ausgebildet sind. Der Dampf strömt zunächst durch sieben einkränzige Stufen und teilt sich in der siebenten Stufe. Die halbe Dampfmenge wird durch zwei einkränzige Stufen geleitet, die im gleichen Gehäuse untergebracht sind, die andere

Abb. 28. English Electric Co., Ltd., Zweigehäuse-Gleichdruck-Überdruckturbine für große Leistungen.

Abb. 29. General Electric Co., Ltd., Gleichdruckturbine für 4000 bis 8000 kW und 3000 Uml./min.

Hälfte des Dampfes strömt durch einen weiten Umführungskanal, der an der untern Gehäusehälfte angegossen ist, zu zwei einkränzigen Niederdruckstufen in einer besonderen Gehäusekammer. Die Richtung der Dampfströmung ist in diesen Stufen die gleiche wie im HD-Teil der Turbine. Das Turbinengehäuse besteht in der Längsrichtung nur aus zwei Teilen, dem eigentlichen HD- und dem ND-Teil mit den beiden Kammern für den doppelten ND-Teil. Der Abdampfstutzen ist für alle ND-Stufen gemeinsam. Zwischen den beiden ND-Teilen liegen ein Lager und eine starre Flanschkupplung. Die beiden Gehäuse haben im ganzen vier Außenstopfbüchsen und drei Lager. Die Turbodynamo hat in diesem Fall also fünf Lauflager. Diese Bauart eignet sich besonders für gute Ausnutzung hoher Luftleere.

Eine weitere bemerkenswerte Bauart ist die Turbine von 20 000 kW bei 1500 Uml./min, Abb. 32; sie enthält eine zweikränzige Stufe und zehn einkränzige Stufen, durch welche die gesamte Dampfmenge strömt. In der elften Stufe teilt sich der Dampf; die eine Hälfte wird in drei weiteren einkränzigen Stufen bis auf den Kondensatordruck entspannt, die zweite Hälfte wird durch zwei Umführkanäle zu zwei in einer besonderen Kammer angeordneten einkränzigen Stufen von größerem Durchmesser geleitet. Die Gehäuse sind senkrecht zweimal geteilt.

Abb. 30. General Electric Co., Ltd., Gleichdruckturbine für 10 000 bis 15 000 kW und 3000 Uml./min.

Abb. 31. General Electric Co., Ltd., Gleichdruckturbine mit doppeltem ND-Teil für 15 000 bis 20 000 kW und 3000 Uml./min.

Abb. 33 zeigt den Querschnitt durch den wagrecht angeordneten Regler, die Ölpumpe, die Absperrventile und das Schnellschlußventil.

Die Turbinen ruhen mittels zweier seitlicher, kräftig ausgebildeter Füße auf einer zusammenhängenden Grundplatte. Für den vorderen Lagerbock dient als Unterstützung ein besonderer Querträger. Das ganze Turbinengehäuse ist an drei Punkten unterstützt und kann sich frei in der Längs- und Querrichtung ausdehnen.

Für den Frischdampf sind in der ersten Stufe stets besondre Düsenkasten vorhanden. Die Düsen der ersten Stufen bestehen aus Nickelstahl und sind aus dem Vollen gefräst, so daß sie genaue Querschnitte und glatte Oberflächen haben.

Die Turbinengehäuse bestehen im allgemeinen aus Gußeisen. Für höhere Frischdampftemperaturen wird der HD-Teil aus Stahlguß hergestellt. Die Zwischendeckel aus Gußeisen oder Stahlguß werden wagerecht geteilt. Die Düsenbleche aus Sonderstahl werden in die Zwischendeckel eingegossen.

Die kritische Drehzahl der Turbinenwelle liegt stets ungefähr 30 vH über der Betriebsdrehzahl. Die Wellen haben für die einzelnen Laufräder verschieden große Durchmesser. Die Räder werden unmittelbar auf die Welle aufgepreßt und durch Keile und im allgemeinen durch je eine Mutter an den beiden Enden gehalten. Jedes Laufrad wird nach dem Beschaufeln sorgfältig ausgewuchtet und hierauf in einem besonderen Versuchstand unter Dampf mit einer wesentlich höheren Drehzahl als der Betriebsdrehzahl geprüft. Vor und nach dieser Auswuchtprobe werden die Radscheiben genau untersucht.

Die Beschauflung wird durchweg in grundsätzlich gleicher Weise ausgeführt. Die Schaufeln werden aus ganzen Stangen von rechteckigem Querschnitt herausgeschnitten und am Fuß gabelförmig ausgebildet. Besondere Zwischenstücke sind nicht vorhanden. Alle Schaufeln, auch die der Geschwindigkeitsräder, werden durch ver-

Abb. 32. General Electric Co., Ltd., Gleichdruckturbine mit doppeltem ND-Teil für 20 000 kW und 1500 Uml./min.

Abb. 33. General Electric Co., Ltd., Anordnung des Reglers, der Ölpumpe, der Absperrventile und des Schnellschlußventils.

senkte Nieten an den Laufscheiben befestigt. Längere Schaufeln werden an den Enden mit aufgenieteten Deckbändern versehen, bei kurzen Schaufeln bilden Abdeckung, Schaufel und Schaufelfuß ein Stück, Abb. 34 und 35. Die Deckbleche werden manchmal schmäler als die Schaufeln ausgeführt, sind aber dort, wo sie mit den Schaufeln vernietet werden, verdickt, damit sie den Schaufeln an den Enden einen guten Halt geben. Längere Schaufeln werden zur Verminderung der Beanspruchung durch Fliehkraft gegen das Schaufelende zu in der Länge in zwei bis drei Absätzen verjüngt, und zwar wird entweder bei gleicher Breite die Rückenstärke oder bei gleicher Stärke die Breite der Schaufel verringert, Abb. 36. In Wembley war ein solches

Abb. 34 und 35. General Electric Co., Ltd., kurze und lange Laufschaufeln.

Rad für eine Turbine von 12 500 kW bei 3000 Uml./min ausgestellt. Es hatte 1472 mm mittleren Schaufelkreisdurchmesser und 356 mm nutzbare Schaufellänge. Die Umfangsgeschwindigkeit betrug auf Mitte der Schaufeln 231 m/s, am Deckband 287 m/s. Das Rad ist unter Dampf mit 4500 Uml./min, also mit 50 vH Überdrehzahl erprobt worden. Die Schaufeln sind in der Länge dreimal abgesetzt. Sie bestehen im allgemeinen aus 5 vH Nickelstahl, wenn besonders nasser oder unreiner Dampf vorhanden ist aus nichtrostendem Stahl. Das radiale Schaufelspiel wird nicht unter 6,4 mm, das axiale nicht unter 3,2 mm angenommen.

Die Abdichtung der Turbinenwelle gegen die Außenluft besorgen Labyrinth-Stopfbüchsen, Abb. 37 und 38. Die Wellen sind an dieser Stelle mit Stahlbüchsen mit einer großen Zahl von scharfkantigen Ringen überzogen. Das innere Ende dieser Büchsen ist an der Welle befestigt, das äußere Ende kann darauf gleiten. Die ruhenden Dichtungsringe sind in einem besondern, in der Wagerechten geteilten Gehäuse angeordnet. Die Oberflächen der Dichtungsringe sind so groß, daß etwa durch Ausstreifen erzeugte Wärme vom Dampf abgeleitet wird. Die Dichtungsringe sind in drei Gruppen zusammengefaßt. Hinter der innersten Gruppe wird der Druck etwas höher als 1 at eingestellt, hinter der zweiten sind nach oben führende Wrasenrohre angeordnet.

Zur Verbindung der Turbinenwelle mit der Dynamowelle dienen starre Flanschkupplungen oder bewegliche Doppelklauenkupplungen. Das hintere Turbinenlager und das vordere Dynamolager sind in einem gemeinsamen Lagerbock untergebracht, der mit dem Turbinen-Abdampfstutzen verschraubt und am vorderen Ende gegen diesen

abgestützt ist. Das Lager des HD-Endes hat einen besonderen Bock, in dem überdies eine Drehvorrichtung, ein Einscheiben-Drucklager, das Schneckenrad für Regler und Ölpumpe und der Schnellschlußregler untergebracht sind.

Die Ölversorgung betreibt eine mit der Turbinenwelle verbundene Zahnrad-Ölpumpe. Die Ölkühler sind in der Druckleitung hinter den Lagern, auswechselbare Siebe in der Ablaufleitung hinter dem Behälter angeordnet. Aus dem Lager fließt das Öl durch Schaukästen mit großen Glasplatten, so daß es im Betrieb dauernd beobachtet werden kann. Die Konstruktion der Hilfsölpumpen ist in Abb. 39 dargestellt.

Die Drehzahl regelt ein Fliehkraft-Federregler auf wagerechter Welle. Die Bewegung der Schwunggewichte wird auf einen Steuerkolben übertragen. Ein vom Drehzahlregler unabhängiger Schnellschlußregler, Abb. 40 und 41, der aus einem exzentrischen Ring, einer Feder und einem Führungsstift besteht, sitzt am vorderen Ende der Turbinenwelle; man kann den Regler abnehmen, ohne das Oberteil des Turbinengehäuses zu entfernen. Das Ausschlagen des Schnellschlußreglers unterbricht die Ölversorgung des Steuerkolbens, wodurch die Drosselventile geschlossen werden.

Nachdem der Frischdampf das Haupt-Absperrventil, das zugleich Schnellschlußventil ist, durchströmt hat, gelangt er zu einem Ventilkasten, der ein oder mehrere Drosselventile enthält. Nur wenn für Teillasten besondre Dampfgarantien vorgeschrieben sind, werden hierfür entsprechende Ventile eingebaut, die durch einen vom Regler gesteuerten Öldruckkolben betätigt werden.

Für kleine Leistungen baut die Firma sehr viele schnellaufende Turbinen mit Zahnradvorgelege, so Turbinen für 400 bis 1250 kW mit 6000 Uml./min; zum Teil werden auch niedrigere Drehzahlen angewendet, wie 4000 bis 5000 Uml./min, für Leistungen von 50 bis 1000 kW. Zurzeit soll eine Turbinenanlage für 16 000 kW bei 3000 Uml./min und hoher Luftleere mit drei besonderen hintereinandergeschalteten Turbinengehäusen im Bau sein.

[B 892] (Schluß folgt.)

RZ 892 Z 36

Abb. 36. General Electric Co., Ltd., Laufschaufeln verschiedener Größen.

RZ 892 Z 37 u 38

Abb. 37 und **38.** General Electric Co., Ltd., Außenstopfbüchsen.

Abb. 39. General Electric Co., Ltd., Hilfsölpumpe mit Turbinenantrieb.

RZ 892 Z 40 u 41

Abb. 40 und **41.** General Electric Co., Ltd., Schnellschlußregler.

Betriebswirtschaft in Färbereien.

Von Dipl.-Ing. H. Thiesenhusen, Betriebsingenieur bei Georg Schleber, A.-G., Reichenbach i. V.

Um die der Mode unterworfenen Färbereibetriebe wirtschaftlich zu gestalten, ist die Kenntnis der wärmetechnischen Fragen, der Verteilung der Stoffe und der gebrauchten Dampf- und Wassermengen erforderlich; als Antrieb ist Drehstrom zu wählen. Die wirtschaftliche Erzeugung des Koch- und Kraftdampfes und der damit zusammenhängenden Fragen wird untersucht.

Die Eigenart der Anforderungen, die an eine Färberei, also einen Naßbetrieb, gestellt werden, bedingen, zumal wenn diese wie meist mit Appretur versehen sind, technische Einrichtungen, wie sie nur in einem der launischen Mode unterworfenen Betriebe zu finden sind; denn diese ist es, welche plötzlich, will der Hersteller wettbewerbfähig bleiben und Schritt halten, die Auswahl neuer Maschinen, die damit oft verbundenen Änderungen der Antriebe, die Erhöhung der Dampfspannung, ja sogar die Vergrößerung der gesamten Dampferzeugung, bestimmt.

Soll der Betrieb diesen Umständen gewachsen sein, so ist in erster Linie als Grundforderung die der größten Anpaßmöglichkeit aufzustellen. Nach näherer Untersuchung stellt sich heraus, daß diese Anpaßmöglichkeit hauptsächlich folgendes bedingt:

1. Neuzeitliche Auffassung aller technischen, insbesondere wärmetechnischen Fragen und einheitliche Erledigung durch Berufene.
2. Genaue Erfassung der nicht unmittelbar Ertrag liefernden Stoffe und deren Verteilung auf die einzelnen Teile des Betriebes.
3. Kenntnisse der jeweils gebrauchten
   Koch- und Kraftdampfmengen,
   lediglich der Herstellung dienenden Wassermengen.
4. Speisung der elektrischen Antriebmaschinen und der Lichtanlage restlos durch dreiphasigen Wechselstrom.
5. Wirtschaftliche Erzeugung des Koch- und Kraftdampfes, im Zusammenhang aller damit verbundenen Fragen, in bezug auf Speisewasser- und Kohlenzufuhr, in bezug auf die Verbrennung der Kohlen auf dem Rost.
6. Übersichtlichkeit des gesamten Betriebes, besonders hinsichtlich des Rohrleitungsnetzes und der Entnebelung in den mit Kochdampf angefüllten Räumen.

Wärmetechnische Fragen.

Der Umstand, daß der Färberei- und Ausrüstungsberuf zu den ältesten Berufen überhaupt gezählt wird, hat in rein maschinentechnischer Hinsicht (die fabrikationstechnische Seite soll hier vernachlässigt werden) Besonderheiten gezeitigt. Nicht nur diese, sondern auch z. B. die Forderungen, dem meistens reichlich vorhandenen Abdampf eine Höchstmenge von Wärmeeinheiten zur weiteren Ausnützung zu entziehen, haben immer mehr Ansprüche an die Vertrautheit nicht nur mit technischen Neuerungen, sondern auch mit der Überwachung der Maschinen auf ihre wirtschaftliche Ausnutzung hin überhaupt gestellt.

Durch die Einstellung eines oder mehrerer Ingenieure wäre also hier nicht nur einem größeren Betriebe selbst, sondern auch dem sehr großen Angebot an solchen abgeholfen. Um so erstaunlicher ist es, daß man oft nur einen, meist im Dienste der Firma ergrauten Werkmeister findet, dem die obengenannten Aufgaben restlos überlassen bleiben. Wie unentbehrlich dieser als Praktiker für den Betrieb ist, so wenig kann er sich mit diesen Aufgaben befassen, weil er die Zeit nicht hat und der nötigen Vorbildung dazu entbehrt. Vielfach Schuld trägt die Beharrung beim alten, die häufig in Färbereien zu finden ist, vielfach eine gewisse Sparsamkeit, die an verkehrter Stelle geübt wird.

Verteilung der Stoffe.

Der regelmäßige Betrieb von Maschinen erfordert sachgemäß ausgeübte Wartung, sorgsame Überwachung und Instandhaltung, um so mehr, wenn es sich um Naßbetrieb handelt, wo wie in keinem andern Maschinen und Gebäude unter dem Einfluß der Chemikalien und Säuren zu leiden haben. Diese Instandhaltung kann auch bei einem Färbereiund Ausrüstungsunternehmen nur aus einem reichhaltigen Lager von Hilfsstoffen und Ersatzteilen vorgenommen werden. Wenn diese auch, da sie nur mittelbar die Einnahmen fördern und mit der Herstellung an sich nichts zu tun haben, die nicht unmittelbar Ertrag liefernden Materialien gegenüber den Farben, Chemikalien, Wasch-, Walk- und Appreturmitteln darstellen, so ist gerade ihnen in bezug auf Einkauf und richtige Auswahl die größte Aufmerksamkeit zuzuwenden[1]).

Sollen die Unkosten des gesamten Betriebes restlos erfaßt werden, dann kommt in erster Linie nicht nur eine genaue Feststellung des Umfanges der Instandhaltung von Maschinen, sondern auch eine solche der Verteilung der Unkosten auf die einzelnen Teile des Betriebes in Betracht. Dazu ist es nötig, daß die Anschaffungen in den einzelnen Verbrauchstellen auf entsprechende Konten verteilt werden. Nicht verwunderlich darf es daher erscheinen, wenn bei Nichtbeachtung dieser Richtlinien irreführende Anschauungen über die Art und Größe dieser nicht unmittelbar Ertrag liefernden Stoffe und Teile auftreten.

Die erforderlichen Dampf- und Wassermengen.

In allen Betrieben, wo die Dampfentnahme nicht stetig über die Arbeitsschicht verteilt ist, wie in Zellulose- und Zellstoffabriken, spielt die zahlenmäßige Erfassung des Dampfverbrauches eine sehr große Rolle, besonders aber in einer Färberei, in der man mit erheblichen Schwankungen zu rechnen hat.

In einer Wollstückfärberei richten sich diese Dampfverbrauchschwankungen nach der Häufigkeit der Ausfärbungen. Die Stöße, die in dem tunlichst zu einer Ringleitung ausgebildeten Dampfnetz auftreten, werden in erster Linie durch die Farbkufen verursacht, in denen je nach der Art und dem Gewicht der Stücke die Ware bis zu 5 h durch die meist mittels Frischdampfes kochend gehaltene Farbflotte hindurchgezogen wird. Mit Beginn des Färbens treten die Spitzen der Verbrauchkurve auf, die im weiteren Verlauf nach einigen Schwankungen schnell ihren Tiefpunkt erreicht. Will man also mit der Dampferzeugung nachkommen und die Spitze decken, so muß man den ungefähren Verlauf der Kurve, zumindestens aber ihren Höchstpunkt kennen. Meist scheitern jedoch in dieser Hinsicht vorgenommene Versuche an den Schwierigkeiten, die sich ihnen bei einem weitverzweigten und verwickelten Rohrleitungsnetz entgegenstellen. Kennt man den Verlauf der Verbrauchkurve, so kennt man auch ihr Mittel und ist in der Lage, sich unter Zuhilfenahme eines Speichers auf die wirtschaftlichste Weise dem Verbrauch anzupassen.

Mit der Erzeugung des Kochdampfes ist in einer Färberei oft die des Arbeitsdampfes eng verbunden. Da der Kochdampf eine Spannung von nur höchstens 3 at verlangt, wird man meist unter den umlaufenden Dampfkraftmaschinen die Gegendruckturbine wählen. Voraussetzung für ihr wirtschaftliches Arbeiten ist aber, daß der Verbrauch tatsächlich der durch sie gelieferten Abdampfmenge entspricht.

Handelt es sich um eine im Mittel unter ¾ Vollast laufende 300 kW-Turbine bei einem Dampfverbrauch von 26 kg/kWh, so beträgt bei 10stündiger Arbeitszeit die zur Verfügung stehende Dampfmenge

$$\frac{3 \times 300 \times 10 \times 26}{4} = 58{,}5 \text{ t täglich.}$$

Genau so wichtig wie für die Aufstellung einer Wirtschaftlichkeitsrechnung die richtige Erfassung der Koch- und Kraftdampfmengen in bezug auf die Kohlenzufuhr, ist eine genaue Kenntnis der Größe der lediglich der Herstellung dienenden Wassermengen.

Zieht man wiederum als Beispiel eine Wollstückfärberei heran, in der nach dem Einkochen der Farbe mit kaltem Wasser gespült wird, so findet man Unklarheiten über die Größe des Wasserverbrauches. Diese wächst mit der Dauer, ebenfalls mit der Häufigkeit der Ausfärbungen und dann, wenn es sich um die Heizung der Farbfässer mit

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 562.

Frischdampf handelt, d. h. wenn man die durch Verdunstung verloren gegangene Flotte durch Zusatz von Wasser ergänzen muß, was ja durch die Heizung mit Frischdampf und durch dessen Niederschlag geschieht. Daß hier Übersicht not tut, zumal wenn die Wasserbeschaffung so schwierig ist, daß eine kilometerlange Leitung zur Notwendigkeit wird, ist klar, und eingebaute Wassermesser werden zu dieser Übersicht verhelfen.

Die Speisung der elektrischen Antriebmaschinen.

An der Belastung des Stromnetzes haben die Farbfässer den geringsten Anteil. Hier sind es die die Ware für das Färben während der Vorausrüstung vorbereitenden Walken, die, im Mittel 4 PS brauchend, die Stromfresser des Betriebes sind und die größten Stöße verursachen. Diese Stöße gehen beim Einrücken einer Walke bis 12 PS, weshalb bei Gruppenantrieb in der Wahl der Leistung des Elektromotors mit größter Vorsicht zu verfahren ist.

Was nun die Frage nach der zu verwendenden Stromart anbelangt, so ist zu sagen, daß für einen neu einzurichtenden Betrieb nur Drehstrom in Betracht kommt, erstens wegen der geringen Anschaffungskosten den Gleichstrommotoren gegenüber, zweitens, weil stets mit einem Rückhalt, d. h. mit einer Umschaltung auf das Netz des nächsten Elektrizitätswerkes gerechnet werden muß. Aus diesem Grunde sind auch für die Beleuchtung während der Nacht Kabelleitungen für Wechselstrom zu verlegen. Als Spannung für das Drehstromnetz kommen 500 V in Frage, die auch für die folgenden Beispiele angenommen sind. In den bestehenden Betrieben findet man jedoch meist ein Gemisch von Dreh- und Gleichstrom vor.

Wie unwirtschaftlich der Betrieb bei Verwendung eines Umformers arbeiten kann, zeige folgendes Beispiel:

Zur Heizung einer elektrischen Wärmevorrichtung, wie sie in der Presse einer mit Nachausrüstung versehenen Färberei gebraucht wird, werden 113 V Gleichstrom bei 400 A gebraucht, das sind 45 kW. Die den Gleichstromerzeuger mittels eines 60 cm breiten Riemens treibende Drehstrommaschine braucht 88 A bei 500 V Spannung. Die effektive Leistung des Motors beträgt also, einen Leistungsfaktor von 0,75 angenommen,

$$500 \times 88 \times 1{,}73 \times 0{,}75 = 57 \text{ kW}.$$

Es gehen also verloren $\left(1 - \frac{45}{57}\right) \times 100 = 21$ vH.

In diesem Falle lohnt sich die Anschaffung eines Transformators, der ohne nennenswerte Verluste die Spannung in jeder Phase auf $\frac{500}{3\sqrt{3}} = 96$ V heruntertransformiert.

Ein weiteres Beispiel beweise nunmehr die falsche Anwendung von Akkumulatoren für den nächtlichen Lichtbetrieb:

Vorhanden ist eine Batterie, die bei 113 A 3 h lang 340 Ah leistet. Gespeist werden sollen 6 Lampen, die je 3 A während 10 Nachtstunden verbrauchen. Danach würde sich die Betriebsbereitschaft vermindern auf: $\frac{113 \times 3}{6 \times 3} = 19$ h, d. h. nach 2 Nächten müßte die Batterie wieder aufgeladen werden. Abgesehen von dem großen Verschleiß der Platten werden nur $18 \times 19 = 342$ Ah abgegeben. Zum Aufladen aber werden bei einer mittleren Spannung von 140 V 7 h lang 85 A gebraucht, das sind 595 Ah. Der Verlust beträgt demnach $\left(1 - \frac{342}{595}\right) \times 100 = 43$ vH, bezogen auf Amperestunden, und 59 vH, bezogen auf Kilowattstunden.

So unwirtschaftlich die Verwendung von Gleich- und Wechselstrom in einem und demselben Betrieb erscheint, so wenig lassen sich ohne große Anschaffungskosten ohne weiteres Gleichstrommotoren und Dynamos aus dem Betriebe entfernen, nachdem sie in einer Zeit angeschafft sind, in der man nur Gleichstrom kannte und verwendete, und da sie zu einer Zeit abgestoßen werden sollen, da die Zahl der Kaufgesuche gegenüber derjenigen der Verkäufe verschwindend gering ist.

Sollen also die Gleichstrommotoren weiter benutzt werden, dann kommt für wirtschaftliches Arbeiten nur die Verwendung eines Einankerumformers[1]) in Betracht. Meist wird dies jedoch noch die Anschaffung eines Transformators nach sich ziehen, was aus folgendem Beispiel zu ersehen ist:

Soll die Gleichstromspannung 110 V betragen, so muß bei sinusförmigem Feld die Spannung zwischen zwei Leitungen auf der Drehstromseite $\frac{110\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} = 110 \times 0{,}61 = 67$ V sein, was einem Umformungsverhältnis von 1 : 7,5 entspricht.

Kommt eine Spannungsregelbarkeit über ± 5 vH bis ± 25 vH auf der Gleich- und somit auch auf der Drehstromseite in Frage, so ist der Transformator als Drehtransformator auszubilden.

[1]) Neuerdings auch Quecksilberdampf-Gleichrichter.

Untersuchung der wirtschaftlichsten Erzeugung.

Unter den Koch- und Kraftdampf erzeugenden Betrieben ist es gerade der Färbereibetrieb, der, wenn er sich dem schwankenden und in der Größe wechselnden Dampfbedarf wirtschaftlich anpassen soll, sparsamste Wärmewirtschaft erfordert.

In einer Färberei mit einer Belegschaft von 700 Arbeitern wurde die Verteilung des Dampfverbrauches über 10 h gemessen. Der Höchstpunkt zeigte 28 t, der Tiefstpunkt 11 t Dampf. Da diese Schwankungen auf der einen Seite unter Umständen eine übermäßige Anstrengung der gesamten Kesselheizfläche, auf der andern Seite eine Abdrosselung des Dampfes oder gar ein Abblasen zur Folge haben, wird der gesamte Wirkungsgrad äußerst ungünstig. Um so mehr muß hier der Aufwand an Speisewasser und Kohlen so weit wie möglich herabgesetzt werden.

Gerade in einer mit Appretur verbundenen Färberei bietet sich Gelegenheit, die zur Verfügung stehenden Kalorien und Wassermengen durch ein umfangreiches Kondenswasser-Sammelleitungsnetz der Kesselspeisung nutzbar zu machen und dadurch wieder an Brennstoff zu sparen, zumal wenn sich die Heizung der Farbfässer durch mittelbaren Dampf ermöglichen läßt und dabei keine Verzögerung in der Dauer des Kochvorganges eintritt. Unter mittelbarer Heizung sei diejenige mittels geschlossener Kupferschlangen verstanden, durch deren Wandungen der Dampf seinen Wärmeinhalt abgibt, ohne mit der Farbflotte in Berührung zu kommen; unter unmittelbarer Heizung die mittels offener, d. h. an ihrem Ende mit Löchern versehener Bleischlangen, durch die der Dampf mit der Flotte in Berührung kommt und sich in dieser niederschlägt.

Beispiel: Zur Beheizung eines Farbfasses von 2000 l Inhalt steht Dampf mit einer Spannung von 2 at = 20 m W.-S., an der Schlange gemessen, zur Verfügung. Vernachlässigt man den Widerstand, der bei Verwendung von offenem Dampf und einer Farbflottenhöhe von 80 cm über der Schlange mit 0,08 m W.-S. einzusetzen wäre, so ist überschläglich eine Geschwindigkeit von

$$v = \sqrt{2\,g\,h} = 20 \text{ m/s}$$

erforderlich. Bei einer Heizung mittels Schlangen von 35 mm Dmr. sind demnnach theoretisch zu leisten:

$$Q = F\,v\,\gamma \times 3600 = \frac{0{,}035^2}{4} \times 20 \times 1{,}62 \times 3600 = 130 \text{ kg/h}.$$

Durch einen Versuch wurde tatsächlich die Richtigkeit dieser Berechnung erwiesen, indem der in einer geschlossenen Schlange verwendete Dampf durch einen Kondenstopf niedergeschlagen und gemessen wurde. Da die dem Versuch unterworfenen vier Mantelflausche im Gewichte von 88 kg zusammen 5 h zu ihrer Ausfärbung brauchten, 1 kg Dampf bei 3 at 650 kcal enthält, so waren insgesamt aufzubringen:

$$130 \times 5 \times 650 = 422\,500 \text{ kcal}.$$

Das Kondensat wurde mit 85 °C gemessen, enthielt also 85 kcal/kg, das sind:

$$130 \times 5 \times 85 = 55\,250 \text{ kcal},$$

d. h. $\frac{55\,250}{422\,500} \times 100 = 14$ vH der Dampfwärme für jede Ausfärbung und jedes Farbfaß können der Kesselspeisung nutzbar gemacht werden.

Rechnet man mit einer Verdampfung von 10 kg auf 1 m² und 1 h, so entsprechen der von einem Farbfaß verlangten stündlichen Leistung von 130 kg 13 m² Kessel-

beizfläche. Die stündlich erzeugte Dampfmenge von 130 kg kostet unter Zugrundelegung von 5,5 facher Verdampfung und einem Kohlenpreis von 30 ℳ/t 72 ₰. Verwendet man das zur Verfügung stehende Kondensat, so kostet diese Dampfmenge

$$72\ (1 - 0{,}14) = 62\ ₰.$$

Kommen 30 Farbfässer mit gleichem Inhalt in Frage, so ist eine Kesselheizfläche von

$$30 \times 13\ m^2 = 390\ m^2$$

erforderlich. Die Ersparnis betrüge bei einer täglichen Arbeitszeit von 10 h und 300 Arbeitstagen im Jahr jährlich

$$(72 - 62) \times 10 \times 30 \times 300 = 9000\ ℳ.$$

Noch günstiger wird man fahren, wenn man die Schwankungen des Dampfbedarfes durch einen Puffer in Gestalt eines Wärmespeichers aufnimmt. Aus der mit oben genannten Werten aufgestellten Kurve läßt sich auf ein Mittel von 19 t/h Dampfverbrauch schließen. Damit ein Speicher den infolge eines unter dem Mittel liegenden Bedarfes vorhandenen Überschuß aufnehmen und zur Deckung des über dem Mittel liegenden abgeben kann, muß er richtig bemessen sein. Unter den vielen Vorteilen, die die Verwendung eines Speichers bringt, seien hier nur diejenigen der Kohlenersparnis genannt und zahlenmäßig ausgedrückt.

Dadurch, daß, wie schon gesagt, die Stöße von den Kesseln ferngehalten werden, wird ihr Wirkungsgrad erhöht, was eine Erhöhung der Verdampfungsziffer zur Folge hat. Zur Deckung der Spitze von 28 t/h ist eine Kesselheizfläche von 2000 m² bei einer Verdampfung von 5,5 kg Dampf auf 1 kg Kohlen vorhanden.

Zum Aufbringen der mittleren Dampfleistung von 19 t/h genügt aber, eine stündliche Verdampfung von 26 kg auf 1 m² vorausgesetzt, eine Fläche von 750 m².

Infolge der gleichmäßigen Beanspruchung wird sich die Verdampfung von 5,5 kg Dampf auf 6,5 erhöhen, d. h. um 18 vH. Beheizt man 2000 m², so werden $\frac{19}{5{,}5} = 3{,}4$ t Kohlen verbraucht, das sind bei 10 Arbeitstunden am Tage und 300 Arbeitstagen im Jahr $3{,}4 \times 10 \times 300 = 10\,200$ t. Kostet 1 t 30 ℳ, so handelt es sich um

$$10\,200 \times 30 = 306\,000\ ℳ\ \text{jährlich.}$$

Wird die Fläche auf 750 m² unter Verwendung eines Speichers verringert, so beträgt die Ausgabe nur

$$306\,000\ (1 - 0{,}18) = 250\,920\ ℳ.$$

Das entspricht einer jährlichen Ersparnis von 55 080 ℳ.

Zum Schluß sei noch auf Übersichtlichkeit im Betriebe hingewiesen. Wie unwirtschaftlich beim Ausbau des Dampfrohrleitungsnetzes verfahren wird, erkennt man dann, wenn es erforderlich ist, den Lauf einer Leitung zu verfolgen. Man stößt dann auf Leitungen, die, außer Betrieb gesetzt, totes Kapital darstellen.

Auch wird das Auffinden einer gesuchten Leitung durch die Entfernung nicht mehr zum Netz gehöriger Leitungen wesentlich erleichtert. Nicht nur in dieser Hinsicht, sondern auch hinsichtlich der Beaufsichtigung, der Sauberkeit oder Haltbarkeit der Dächer und Transmissionen in den Arbeitsräumen einer Färberei ist dringende Übersichtlichkeit geboten. Vielfach findet man infolge unzureichender Entnebelung der Räume, daß eine Nachprüfung unmöglich ist.

Soll die Leistungsfähigkeit erhöht werden, so kann hier nur auf eine endgültige und billige Lösung der gesamten Entnebelungsfrage gedrungen werden. [B 770]

Die Vertiefung der Kanäle und Häfen an den Großen Seen in Nordamerika.

Der Chefingenieur des Wasserbauwesens hat auf eine Anfrage bemerkenswerte Angaben über seine Stellung zur Frage der Vertiefung der Kanäle und Häfen an den Großen Seen und der geplanten St. Lawrence-Wasserstraße gemacht, denen wir folgendes entnehmen:

Über die Kosten der Vertiefung der Kanäle und Häfen läßt sich nichts annähernd Zutreffendes sagen, da die Bodenarten, aus denen die Sohle der Häfen und Kanäle besteht, von weichem Schlick bis zu hartem Fels wechselt. Auch wo Schlick zutage tritt, ist sicher damit zu rechnen, daß sich bei der Vertiefung um 4,25 m, die für eine Kanaltiefe von 10,6 m noch nötig ist, große Steine und Fels unter der jetzigen Sohle finden.

Man wird die Schleusen bei den Sault St. Marie-Fällen umbauen und sehr wahrscheinlich auch Regulierwerke in den Flußstrecken zwischen dem Oberen und dem Huron-See sowie zwischen dem Huron- und Erie-See anlegen müssen. Die Wassertiefe über den Drempeln der dritten und vierten Schleuse bei den Sault St. Marie-Fällen beträgt 7,3 m bei gewöhnlichem N.-W., die der andern Schleusen noch weniger. Die Vertiefung der Kanäle auf 10,6 m ist ausführbar und bietet nichts Ungewöhnliches den bisherigen Ausführungen an den großen Seen gegenüber, sie ist nur eine Kostenfrage.

Die Vertiefung der Kanäle und Häfen an den Großen Seen auf 10,6 m ist indes nutzlos, wenn nicht auch eine entsprechende Wassertiefe im St. Lorenz-Strom geschaffen wird. Alle Wasserwege und Häfen an den großen Seen haben durchweg 6,4 m Tiefe. Die Frachtschiffe sind daher für wirtschaftlichen Betrieb bei dieser Tiefe gebaut worden. Die Frachtkosten sind außerordentlich niedrig, sind jedoch möglicherweise bei 10,6 m Tiefe durch Bau größerer Schiffe noch mehr zu senken. Der Unterschied wird indessen sehr gering sein, und die hohen Kosten der Vertiefung werden, wenn überhaupt, erst nach vielen Jahren wieder eingebracht werden. Der augenblicklich niedrige Wasserstand aller Seen läßt allerdings eine volle Ausnutzung der Ladefähigkeit nicht zu, es ist jedoch zu hoffen, daß dies eine vorübergehende Erscheinung ist.

Die neueren Frachtschiffe sind über 180 m lang und haben 1200 t Ladefähigkeit. Wenn ursprünglich größere Tiefen vorhanden gewesen wären, so würde sich vielleicht eine andre Fahrzeugbauart entwickelt haben — wahrscheinlich von größerer Tiefe und Breite. Nachdem aber der Zustand so lange gedauert hat, ist kaum zu erwarten, daß man bei der Wirtschaftlichkeit der jetzigen Fahrzeuge die Mehrkosten für den Bau und Betrieb größerer Fahrzeuge aufwenden wird, zumal da der Betrieb größere Schwierigkeiten bietet.

Ganz anders liegt die Frage, wenn auch der St. Lorenz-Strom auf 10,6 m Tiefe gebracht wird. In diesem Falle würde unzweifelhaft auch die Verbesserung der Kanäle und Häfen der großen Seen gefordert werden, damit die tiefgehenden Ozeanschiffe die Häfen der großen Seen erreichen können.

Hinsichtlich der Vertiefung des St. Lorenz-Stromes ist es nach Ansicht des Gewährsmannes außer Frage, daß der Strom früher oder später für Kraft- und Schiffahrtzwecke ausgenutzt werden wird. Die Nachfrage nach den Wasserkräften des Stromes wird sich nicht aufhalten lassen. An die Ausführung der Schiffahrtspläne ohne die Wasserkraftausnutzung wird daher nicht gedacht werden können. („Engineering News-Record" Bd. 93 (1924) Nr. 7.) [N 3] Bu.

Wasserdampfforschung in Amerika.

In der amerikanischen Zeitschrift „Power"[1]) wird über den augenblicklichen Stand der Dampfforschung des amerikanischen „Bureau of Standards" berichtet. Die Mitteilungen sind eine Ergänzung vorhergehender Berichte über die betreffenden Arbeiten, die gleichzeitig im Bureau of Standards sowie im Massachusetts Institute of Technology und in der Harvard-Universität durchgeführt werden und über die in dieser Zeitschrift[2]) bereits ausführlich berichtet ist.

Das für die Versuche gebaute Universalkalorimeter ist inzwischen noch umgebaut und ergänzt worden. Die Pumpenwelle läuft jetzt in sehr kleinen Kugellagern, deren Gesamtdurchmesser 4,2 mm beträgt. Der Durchmesser der Kugeln beträgt 1,2 mm. Im Hinblick auf die Widerstandfähigkeit gegen Rost wurden die Kugellager einmal aus Stahl und einmal aus Stellit ausgeführt, doch wurden beide Stoffe als unbeständig wieder verworfen und statt ihrer eine Legierung aus Osmium und Iridium verwandt. Überhaupt fällt die üppige Verwendung von Edelmetallen auf. Die Stützen des Kalorimeters sind aus Silber-Palladium, einer Legierung, die Festigkeit mit niedriger thermischer Leitfähigkeit verbindet; die Pumpenumhüllung besteht aus reinem Silber, die Heizelemente bestehen aus Gold und sind in feuerfestem Stoff in einer silbernen Hülse eingebettet.

Bestimmte Angaben über bisher ausgeführte Versuche mit dem Kalorimeter und gewonnene Werte werden in dem Bericht nicht gemacht; ein Urteil über die Genauigkeit läßt sich also hiernach noch nicht fällen. [N 32] Dr. A.

[1]) Bd. 60 (1924) S. 767 u. f.

[2]) Bd. 68 (1924) S. 732 bis 734.

Artschaubilder und Auswahl von Lüftern.

Von Dr.-Ing. Max Berlowitz, Berat. Ing. V. B. I., Berlin.

(Schluß von Seite 40).

Bei der verwirrenden Fülle der marktgängigen Lüfterformen bietet eine grundsätzliche Einteilung fast unüberwindliche Hindernisse. Dennoch soll im folgenden ein erster Versuch gemacht werden, aus der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen die leitenden Baugedanken herauszuschälen, um Merkmale für die Beurteilung und damit Richtlinien für den Fortschritt zu gewinnen.

Schleuderlüfter.

Bei Schleuderlüftern kann man drei Grundformen unterscheiden, nämlich

Trommelräder,
Pumpenräder,
Materialförderräder.

Da die Gehäuse aller Lüfter als angenäherte archimedische Spiralen gebaut werden, so liegen die Unterschiede ausschließlich in den Rädern. In Abb. 10 bis 12 sind die drei Bauformen für einseitig saugende Anordnung dargestellt. Das Urbild des Trommelrades ist der Sirocco-Lüfter des Engländers S. C. Davidson[1]), der heute von Th. Fröhlich, Berlin, Danneberg & Quandt, Berlin, u. a. gebaut wird. Die Trommelform ist dadurch bedingt, daß die radiale Tiefe der Schaufeln nur rd. $^1/_{16}$, ihre axiale Länge dagegen rd. $^3/_5$ des Durchmessers beträgt. Die großen geschäftlichen Erfolge dieser Bauart veranlaßten eine Unzahl von Abarten, solange der Patentschutz reichte, und eine ebenso große Zahl von Nachahmungen nach Ablauf des Hauptpatentes.

Eine englische Abart, der Ordnance-Lüfter, mit gewellten Schaufeln ist in Deutschland wenig bekannt geworden. Dagegen sind der Turbonlüfter der Turbon-Ventilatoren A.-G., Berlin, bei dem der von den Schaufeln gebildete Hohlzylinder mit wabenförmigen Zellen versehen ist, und der Hyperboloidlüfter von G. Schiele & Co. G. m. b. H., Frankfurt a. M., marktgängige Bauarten geworden. Die Hyperboloidform ist dadurch aus dem Sirocco-Rad entstanden, daß der Durchmesser der Saugseite gegenüber dem der Nabenseite vergrößert, die Grundform also (abgestumpft-) kegelförmig gemacht und die Schaufeln als Erzeugende nicht in Achsebenen, sondern windschief zur Achse angeordnet wurden. Eine in der Charakteristik dem Sirocco-Rad ähnliche und darum auch noch den Trommelrädern zuzuordnende Bauart ist das früher von der englischen Gesellschaft Blackman Co., jetzt von den deutschen Firmen Sachsenwerk A.-G., Niedersedlitz-Dresden, und I. A. John A.-G., Erfurt-Ilversgehofen, vertriebene Keithrad. Ein- und Austrittkanten sind hier nicht mehr parallel, vielmehr wächst die radiale Tiefe der Schaufeln nach der Nabe zu. Dieser Umstand bedingt eine Verminderung der Schaufelanzahl von 64 beim Sirocco-Rad auf 30 beim Keith-Rad.

Der Grundgedanke der Trommelräder besteht darin, durch Vergrößerung der Saugöffnung die Eintrittwiderstände so klein wie möglich zu halten. Die Saugöffnung hat hier ihren denkbar größten Wert, nämlich den Radaußendurchmesser erreicht. Hierbei ist nur übersehen worden, daß die Flüssigkeit beim Schleuderrad axial ein- und radial austritt, also um 90° innerhalb des Rades umgelenkt wird. Alle Trommelräder haben daher, wie Abb. 10 zeigt, den grundsätzlichen Nachteil, daß die Luft infolge ihres Beharrungsvermögens, ähnlich wie bei einem Krümmer, nur den hinteren Teil der Schaufeln beaufschlagt, im vorderen Drittel dagegen von der Druckseite in den Saugraum zurückströmt. In der Patentschrift DRP 269 946 werden in diesem Sinne sogar „positive" und „negative" Teile der Schaufeln unterschieden. Eine große Zahl von Erfindungen[2]) beschäftigen sich seit Jahren mit der Behebung dieses Übelstandes vergeblich, weil alle Vorschläge, wie z. B. kegelförmige Radform, Schrägstellung und Verwindung der Schaufeln, axiale Verschiebung des Rades gegen das Gehäuse, ruhende und umlaufende Leittrichter, nicht das Unmögliche zustande bringen, einen Luftstrom verlustlos rechtwinklig umzulenken.

[1]) DRP Nr. 116 231 vom 28. September 1898.

[2]) z. B. DRP Nr. 187 799, 167 001, 191 055, 209 872, 269 946, 274 131 und 275 612.

Bei Ausführungen für höhere Drücke, die in das Gebiet der Gebläse fallen, wird die axiale Länge der Schaufeln bei unverändertem Querschnitt mehr und mehr verringert, sodaß hier die Trommelform und damit ihre grundsätzlichen Nachteile allmählich verschwinden.

Die Pumpenräder, als deren Muster in Abb. 11 ein Rateau-Lüfter dargestellt ist, beweisen, daß es bei Lüftern viel weniger auf Erfindungen als auf richtige Formgebung ankommt. Der Name ist in Ermangelung eines besseren deswegen gewählt, weil die Begrenzungsformen der Räder denjenigen der Pumpen ähneln, bei denen derart starke Verstöße gegen die Gesetze der Mechanik wie bei Arbeitsmaschinen für gasförmige Flüssigkeiten wohl niemals vorgekommen sind. Außer der Bauart Rateau kann man alle Ventilatoren für Grubenhauptbewetterung, ferner die Lüfter der Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich, Benno Schilde A.-G., Hersfeld, Siemens-Schuckertwerke, Berlin-Siemensstadt, Maschinenfabrik Humboldt, Kalk, u. a. zu den Pumpenrädern rechnen. Wenn auch die Schaufelbegrenzungen nur bei Gußeisen von stetigen Funktionen, bei Eisenblech dagegen von Annäherungen gebildet werden, so wird doch bei allen diesen Bauarten der in die Saugöffnung eintretende Luftstrom unter Beachtung der Trägheitsgesetze allmählich aus seiner axialen in die radiale Richtung umgelenkt und damit eine angenähert gleichmäßige Beaufschlagung der Schaufeln erreicht.

Es ist hierbei grundsätzlich belanglos, ob die Schaufeln in den Saugraum[3]) hineinragen oder nicht, oder auch aus zwei Arten bestehen, von denen die eine (wenige lange Hauptschaufeln) axial, die andre (viele kurze Zwischenschaufeln) radial beaufschlagt wird. Aus diesem Grunde gehört auch die irreführenderweise „Luftturbinen" genannte Bauart von G. Meidinger & Co., Basel, und ihre deutschen und schweizerischen Nachahmungen zur Gattung der Pumpenräder. Mit der pumpenförmigen Begrenzungsform des Rades lassen sich natürlich sämtliche Schaufelkrümmungen vereinigen, während bei Trommelrädern nur vorwärtsgekrümmte Profile bekannt sind. Daher werden bei Pumpenrädern alle Arten von Schaufelprofilen verwendet, deren grundsätzliche Unterschiede eingangs beschrieben sind. Im weiteren Gegensatz zu Trommelrädern unterscheiden sich die Ausführungen für verschieden hohe

[3]) d. i. der von der Eintrittöffnung als Grundfläche und der größten Radbreite als Höhe gebildete Zylinder.

RZ 1001 Z 10-12

Abb. 10 bis 12. Trommelrad, Pumpenrad und Materialförderrad.

Drücke bei Pumpenrädern nicht durch die axiale Länge, sondern durch die radiale Tiefe der Schaufeln. Je größer die Drücke, um so länger werden die Schaufeln in radialer Richtung.

Als dritte Grundform ist das in Abb. 12 dargestellte Materialförderrad zu betrachten. Der Zweck dieser Maschinen ist die Förderung von Stoffen mit geringem Einheitsgewicht wie von Holzspänen, Schleifstaub, Schäben, Wollfasern, Torfmull, Kleie, Zellstoff usw. in starker Verdünnung mit Luft. Die Rücksicht auf die Sicherheit des Fördervorganges überwiegt hier natürlich diejenige bezüglich des Wirkungsgrades. Aus diesem Grunde haben diese Räder, in allen Ausführungen übereinstimmend, nur wenige, tief nach der Nabe zu heruntergezogene radiale Schaufeln; ferner fehlt die äußere Radscheibe, wodurch zwar die Spaltverluste erheblich vergrößert, die Gefahr einer Verstopfung aber wesentlich vermindert wird.

Schraubenlüfter.

Bei Schraubenlüftern lassen sich ebenfalls drei Gattungen auf Grund der Flügelformen unterscheiden, nämlich

Blattflügel,
Tragflächenflügel,
Schlotterpropeller-Flügel.

Die weitaus überwiegende Zahl aller Bauarten gehört der ersten Gattung an, so daß es sich nicht lohnt, einzelne Erzeugnisse zu nennen. Es sei nur an die weit verbreiteten Tischfächer und Wandlüfter erinnert, die des elektrischen Antriebes wegen seit Jahren von fast allen Elektrizitätsfirmen gebaut werden. Die Unterschiede, die bezüglich Zahl, Steigung und Breite der Flügel bestehen, verschwinden gegenüber dem gemeinsamen grundsätzlichen Fehler. Dieser besteht darin, daß diese Flügel, den Strömungsvorgängen nicht Rechnung tragend, auf ihrer Saugseite ein Energie verzehrendes Wirbelpaar mit herumführen, das größere Hauptwirkungsgrade als etwa 45 vH verhindert. An dieser physikalischen Notwendigkeit ändern die klangvollsten Namen wie „Samum", „Sirocco", „Tornado" usw. nichts.

In der Regel wird diese Gattung von Schraubenlüftern freiblasend zu Lüftzwecken benutzt. Sie hat daher kein eigentliches Gehäuse, sondern nur einen Ring zur Befestigung der Lager und der Antriebmaschine und ist für gewerbliche Zwecke mit nennenswerten Gegendrücken ungeeignet.

Die Verwendung von Tragflächenprofilen zur Luftförderung wurde zuerst von Prof. Bendemann angeregt, der selbst einen Windkanal in der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Adlershof, mit einer Luftschraube betrieb. Die Propeller mit ihren tragflächenähnlichen Profilen vermeiden bekanntlich die Rückenwirbel und ermöglichen daher Höchstwirkungsgrade bis über 70 vH. In den letzten Jahren sind mehrere derartige Bauformen, darunter die von H. Föge, Hannover, und die von Dr. A. Betz, Göttingen[1]), bekannt geworden. Leitapparate auf der Austrittseite, welche die Luftstrahlen axial richten, sind mehrfach versucht worden, bieten jedoch bei Einzelrädern so kleine Vorteile, daß sich ihr Einbau nicht lohnt. Dagegen sind sie bei Hintereinanderschaltung mehrerer Schraubenräder unentbehrlich.

Da Tragflächenprofile einstufig Drücke bis zu rd. 100 mm W.-S. ohne Schwierigkeit erreichen, sind sie bei Anschluß von Saug- und Druckleitungen für gewerbliche Zwecke durchaus geeignet. Auch für die Förderung leichter Stoffe dürften sie ohne Leitapparate verwendbar sein. Die Gattung wird in der Regel mit vollständigem Gehäuse gebaut und ist damit für jegliche Art von Aufstellung geeignet. Bezüglich Form der Gehäuse kann man nur richtige und falsche Ausführungen unterscheiden, wenn sich der Patentschutz auch auf letztere erstreckt. Im Gegensatz zu Luftschrauben, die den Flüssigkeitsstrahl am Stand und in Fahrt stets einschnüren, muß bei Schraubenlüftern, die gegen Druck arbeiten, das Gehäuse hinter dem Flügelrad den Fliehkräften durch Erweiterung Rechnung tragen, andernfalls der Wirkungsgrad empfindlich beeinträchtigt wird.

Die dritte Gattung, der in Deutschland von den Siemens-Schuckertwerken gebaute Schlotterlüfter, ist eine eigenartige Erfindung des Dresdener Architekten G. A. Schlotter und an anderer Stelle von mir ausführlich beschrieben worden[2]). Jedes Laufrad hat fünf dünnwandige, durch Versuche bestimmte Flügel; die Wirbelringe werden hier jedoch anscheinend durch den hinter dem Laufrad befindlichen ruhenden Leitapparat aufgeschnitten und dadurch unschädlich gemacht. Die Eintrittkanten der 8 bis 10 Flügel des Leitapparates kreuzen die Austrittkanten der Laufradflügel an jeder Stelle senkrecht. Der Leitapparat nimmt daher im Gegensatz zu den sonst bekannten die radiale Komponente der Austrittgeschwindigkeit auf und schraubt ferner infolge seiner Krümmung die schräg nach außen gerichteten Luftfäden nach innen, so daß der Luftstrahl freiblasend etwa eine halbe Durchmesserlänge hinter dem Leitapparat seinen kleinsten Querschnitt erreicht. Die Schlotterlüfter überwinden ohne Schwierigkeit einstufig Gegendrücke bis zu rd. 200 mm W.-S. Ihre Verwendung wird jedoch bei Drücken über 100 mm W.-S. stark durch störende Geräusche beschränkt. Die Bauart ist für alle gewerblichen Zwecke mit Ausnahme der Materialförderung geeignet und wird — ebenfalls mit vollständigem Gehäuse — in Einheiten bis zur Größenordnung der Gruben-Hauptbewetterungsmaschinen ausgeführt.

Es ist natürlich im Rahmen dieser kurzen Abhandlung sowohl bei Schleuder- als auch bei Schraubenlüftern unmöglich, die Mehrzahl der marktgängigen Bauarten zu be-

Abb. 13. Sirocco-Lüfter.

Abb. 14. Hyperlod-Lüfter.

Abb. 15. Pumpenlüfter mit rückwärts gekrümmten Schaufeln.

Abb. 16. Pumpenlüfter mit vorwärts gekrümmten Schaufeln.

Abb. 17. Materialförder-Lüfter.

Abb. 13 bis 17. Artschaubilder von Schleuderlüftern.
σ = Kennziffer des Betriebszustandes, λ = Leistungsziffer, ψ = Druckziffer, η = Wirkungsgrad.

[1]) DRP Nr. 319 413.
[2]) Zeitschr. f. d. ges. Turbinenwesen 1914, Heft 15.

schreiben und einzugruppieren oder auch nur alle wesentlichen Baugedanken zu erwähnen. Bemerkt sei nur noch, daß bei einem so wenig wissenschaftlich behandelten Gebiet wie dem der Ventilatoren, natürlich auch Formen vorkommen, denen klare, auf physikalischen Gesetzen beruhende Gedanken überhaupt nicht zugrunde liegen. Als ein Beispiel dieser Art sei der Doppelblackman-Schraubenlüfter erwähnt, dessen ebene Flügel aus schmalem Eisenblech weder in Form noch Anordnung ihren Verwendungszweck erkennen lassen.

Beurteilung der technischen Eigenschaften.

Eine umfassende Beurteilung der technischen Eigenschaften der hier beschriebenen Bauarten ist, wie im ersten Teil dargelegt, nur auf Grund von Artschaubildern möglich. Wenn auch, von seltenen Ausnahmen abgesehen, die praktische Verwendung von Schleuderlüftern sich niemals auf die Grenzgebiete in der Nähe des freien Ausblasens und der vollkommenen Abdrosselung erstreckt, sich vielmehr mit wachsender Größe der Baueinheit auf einen immer kleiner werdenden Bereich in der Nähe des Höchstwirkungsgrades beschränkt, so sind dennoch der besseren Vergleichmöglichkeit wegen die nachfolgenden Artschaubilder bis zu den Grenzen $0 < \sigma < 1$ verzeichnet.

In den Abb. 13 bis 21 sind nun die Artschaubilder der Hauptvertreter der oben unterschiedenen Gattungen für Ausführung mit einer Saugöffnung dargestellt. Als Unterlagen dienten hauptsächlich eigene Versuche, die ich an mittleren marktgängigen Größen von etwa 400 bis 500 mm Saugöffnung bei mittleren Umlaufzahlen im Laufe der Jahre zu verschiedenen Zwecken angestellt habe. Jedes Schaubild enthält die drei Kurven ψ, λ, η als Funktion des Betriebszustandes σ, s. Gl. (21), S. 39, während die φ-Werte, die nicht mehr unabhängig, sondern nach Gl. (25) durch ψ und σ gegeben sind, als unwichtig fortgelassen wurden. Die ψ-Kurven kennzeichnen die rein hydraulischen, die λ-Kurven die rein mechanischen Eigenschaften und die η-Kurven die Beziehungen zwischen hydraulischen und mechanischen Eigenschaften der Maschinen.

Die ψ-Kurven zeigen in ihrer Form die Veränderung des Druckes mit dem Betriebzustand und geben in ihrer Höhe nach Gl. (19) einen Maßstab für die zur Druckerzeugung erforderlichen Umfangsgeschwindigkeiten. Je größer ψ ist, um so kleiner wird u für denselben Druckunterschied und umgekehrt. Da die wünschenswerte Umlaufzahl in jedem Einzelfalle von den Antriebverhältnissen abhängt, so kommt den ψ-Werten nicht etwa die Eigenschaft eines Gütegrades zu wie den η-Werten, sondern nur diejenige einer Kennziffer, deren Größe schlechthin ohne Zusammenhang nichts besagt. Die für Schleuder- und Schraubenmaschinen bezüglich der ψ-Werte erforderliche Verschiedenheit der Maßstäbe beweist am besten, daß Schraubenmaschinen nur für kleine Drücke, höchstens bis 200 mm W.-S. in Frage kommen, da andernfalls die Umfangsgeschwindigkeiten in Rücksicht auf Geräusche und Materialfestigkeit zu groß werden. Schraubenmaschinen treten daher mit Schleudermaschinen nur auf dem Lüftergebiet, und zwar auf den Anwendungsgebieten mit steigendem Erfolg in Wettbewerb, auf denen ihre baulichen Vorzüge (gleiche Saug- und Druckrichtung) zur Geltung kommen. Das Gebläsegebiet bleibt vorläufig den Schleudermaschinen vorbehalten.

Innerhalb der Schleudermaschinen unterscheiden sich in Übereinstimmung mit den im ersten Teil gemachten Bemerkungen deutlich die vorwärts und rückwärts gekrümmten Räder. Während bei den Trommelrädern ψ den Wert 2, bei den vorwärts gekrümmten Pumpenrädern immerhin noch den Wert 1,5 überschreitet, weisen die rückwärts gekrümmten Räder bei den üblichen Belastungen höchstens einen ψ-Wert von 1 auf. Die Umfangsgeschwindigkeiten rückwärts gekrümmter Räder sind also um 25 bis 50 vH größer als diejenigen vorwärts gekrümmter. In allen Fällen, wo es auf kleine Umlaufzahl ankommt, z. B. bei Riementrieb und Kupplung mit Kolbenmaschinen, sind daher vorwärts gekrümmte Räder, zum Zusammenbau mit schnellaufenden Antriebmaschinen wie mit Elektromotoren, Dampf- und Luftturbinen rückwärts gekrümmte Räder vorzuziehen.

Abb. 18. Lüfter mit Tragflächen-Flügeln.

Abb. 19. Schlotter-Lüfter.

Abb. 20. Lüfter mit Blattflügeln.

Abb. 21. Doppel-Blackman-Lüfter.

Abb. 18 bis 21. Artschaubilder von Schraubenlüftern.

σ = Kennziffer des Betriebszustandes, λ = Leistungsziffer, ψ = Druckziffer, η = Wirkungsgrad.

Der Verlauf der ψ-Kurven ist belanglos, solange es sich nur um eine einzelne Maschine handelt, jedoch von großer Wichtigkeit bei Parallelschaltung mehrerer Maschinen. Im Druckvolumenschaubild liegen nach Gl. (21) und (22) die einem Leitungsnetz von der Kennziffer σ_1 entsprechenden Werte auf einer durch den Nullpunkt gehenden Parabel vom Parameter

$$\frac{2g}{\gamma}\sigma_1 F^2.$$

Nach Abb. 22 schneidet daher die einem Leitungsnetz σ_1 zugehörige Parabel die Druckkurve eines Lüfters in einem Punkt, der den Betriebzustand eindeutig kennzeichnet. Arbeiten aber n Lüfter gleichzeitig auf das gleiche Netz von der Kennziffer σ_2, so wird bereits durch $(n-1)$ Lüfter ein bestimmter Gegendruck p_0 erzeugt. In diesem Fall ist die Leitungsparabel nicht mehr über der Nullinie, sondern über diesem Gegendruck p_0 aufzutragen und schneidet z. B. in Abb. 23 die Druckkurve in den drei Punkten a, b, c; d. h. der Zustand dieses Lüfters ist schwankend, er pendelt zwischen den Punkten a, b, c hin und her. Das gleiche gilt natürlich für die andern Lüfter. Denn wenn auch alle im Betrieb befindlichen Lüfter pendeln, so decken sich doch die Schwingungsperioden nicht, es wird daher durch $(n-1)$ Lüfter ein angenähert unveränderter Gegendruck als Mittelwert aufrecht erhalten. Abgesehen von den Pendel-

Abb. 22. Betriebzustand bei einem Lüfter.

Abb. 23. Betriebzustand bei Parallelschaltung mehrerer Lüfter.

erscheinungen liegt bei allen ψ-Kurven, die einen Höchstwert außerhalb des Punktes $\sigma = 0$ zeigen, die Gefahr vor, daß z w e i parallel geschaltete Maschinen bei unverändertem Leitungsnetz weniger Luft als e i n e Maschine fördern. Diese Erscheinung tritt dann ein, wenn der Betriebzustand bei einer Maschine auf einem ansteigenden Ast der ψ-Kurve liegt. Sowie Parallelschaltung in Frage kommt, ist ein einwandfreier Betrieb bei allen Belastungen daher nur bei den Gattungen erreichbar, deren ψ-Kurven stetig sinken. Hierzu gehören alle Schleuderlüfter mit rückwärts gekrümmten Schaufeln und alle Schraubenlüfter mit Ausnahme der Schlotterpropeller.

Im Gegensatz zu ψ ist η ein Gütegrad, der nach Gl. (23) einen unmittelbaren Maßstab für den aufzuwendenden Energiebedarf bildet. Von Bedeutung ist nicht nur die Größe des Höchstwirkungsgrades, sondern auch der Umstand, bei welcher Belastung er liegt und wie stark die Kurve an dieser Stelle gekrümmt ist.

Außer durch den Wirkungsgrad wird der Energiebedarf eines Lüfters nach Gl. (23) durch dessen Gesamtdruck $p_2 - p_1$ bestimmt. In denjenigen Fällen, wo nur der zu überwindende statische Anteil des Gesamtdruckes, die Größe der Ausblasöffnung und damit der dynamische Anteil jedoch nicht gegeben sind, kann ein Lüfter mit hohem dynamischen Druck angeboten werden, der zwar einen höhern Wirkungsgrad, trotzdem jedoch auch höhern Energiebedarf als eine andre Bauart hat, ein Fall, der insbesondere bei Schraubenlüftern leicht eintreten kann. In der Praxis werden Angebote in allen derartigen Fällen richtiger nach dem Energiebedarf als nach dem Wirkungsgrad beurteilt.

Dennoch behalten die η-Kurven ihre Bedeutung zum Vergleich verschiedener Lüfterarten durchaus bei. Vergleicht man die Artschaubilder bezüglich der η-Kurven, so fällt auf, daß bei den Schleudermaschinen die Trommelräder, Abb. 13 und 14, (wenn man vom Materialförderrad, Abb. 17, absieht) gegenüber den Pumpenbauarten und bei den Schraubenmaschinen die Blattflügel gegenüber den Tragflächenflügeln erheblich zurückstehen. Die Gründe hierfür liegen in beiden Fällen in der Nichtbeachtung der Luftströmungen und sind bereits oben zur Genüge erläutert. Zwischen vorwärts und rückwärts gekrümmten Schleudermaschinen besteht nach Abb. 15 und 16 der kennzeichnende Unterschied, daß die hohen Wirkungsgrade der rückwärts gekrümmten bei kleinen Luftmengen ($0{,}1 < \sigma < 0{,}2$) in einem engen Bereich, bei den vorwärts gekrümmten dagegen bei großen Luftmengen ($0{,}3 < \sigma < 0{,}5$) in einem weiten Bereich liegen. Die praktische Folgerung aus dieser Tatsache ist die, daß Maschinen mit rückwärts gekrümmten Rädern für gleiche Verhältnisse in der Regel größer als solche mit vorwärts gekrümmten Rädern sind, da der dynamische Druck im Bereich der hohen Wirkungsgrade bei den rückwärts gekrümmten kleiner und damit der Ausblasestutzen größer als bei den vorwärts gekrümmten sein muß. In denjenigen Fällen, in denen die Raumbeschränkung ausschlaggebend ist, wird man daher vorwärts gekrümmte Räder vorziehen.

Die λ-Kurven kennzeichnen die Größe der Energieaufnahme und deren Änderung mit dem Betriebzustand. Nach Gl. (20) ist für gleichen Ausblasequerschnitt, gleichen Raddurchmesser und gleiche Antriebleistung

$$n = \text{konst}\ \lambda^{-1/3},$$

d. h. je kleiner λ, um so größer die erforderliche Umlaufzahl. Je nach der Art des Antriebes (Riemenübersetzung oder Kupplung) wird man daher einen kleineren oder größeren Wert von λ bevorzugen. λ hat daher ebenso wie ψ nur den Wert einer Kennziffer, deren Höhe an sich ohne Zusammenhang nichts besagt.

Von großer Wichtigkeit für die Antriebmaschinen ist die Form der λ-Kurven. In den meisten praktischen Fällen ist eine genaue Vorausberechnung des Gegendruckes und damit des Betriebzustandes unmöglich. Ferner kommen in vielen Fällen während des Betriebes, z. B. durch An- oder Abstellen von Zweigleitungen, durch Verstopfungen usw. in kurzen Abständen, oder durch Ausbau eines Leitungsnetzes in längeren Abständen Belastungsänderungen vor, die bei starker Veränderlichkeit des Energiebedarfs eine jedesmalige Regelung der Antriebmaschinen erfordern. Der Grenzfall gleichbleibenden Energiebedarfs für alle Betriebzustände würde durch eine wagerechte Linie dargestellt. Sinkt die λ-Kurve mit wachsendem σ, so wächst der Energiebedarf bei steigendem Gegendruck und umgekehrt. Bezüglich Gleichmäßigkeit des Energiebedarfs steht der Schlotterlüfter an erster Stelle, dessen Energiebedarf praktisch nahezu als unveränderlich bezeichnet werden kann. Im übrigen steigt der Energiebedarf bei allen Schleudermaschinen mit sinkendem, bei allen Schraubenmaschinen mit wachsendem Gegendruck. Antriebmotoren mit unveränderlicher Umlaufzahl (z. B. Nebenschlußelektromotoren) sind daher bekanntlich überlastet, wenn sich der Gegendruck bei Schleudermaschinen verkleinert und bei Schraubenmaschinen vergrößert.

Beim Vergleich der Abb. 13, 14 und 16 einerseits mit Abb. 15 anderseits fällt sofort auch hinsichtlich der λ-Kurven der wesentliche Unterschied zwischen vorwärts und rückwärts gekrümmten Rädern auf. Bei den vorwärts gekrümmten steigt der Energiebedarf von der völligen Drosselung bis zum freien Ausblasen um den vier- bis siebenfachen Wert, bei den rückwärts gekrümmten um den rd. zweifachen Wert. Durch Wahl bestimmter Winkel läßt sich bei rückwärts gekrümmten Schaufeln der Anstieg der λ-Kurve noch wesentlich vermindern. Da sämtliche Artschaubilder für unveränderte Umlaufzahlen gelten, so werden die Änderungen beim Antrieb durch Motoren, die mit steigender Belastung ihre Umlaufzahl vermindern (z. B. Hauptstromelektromotoren), erheblich kleiner. Ihrer Höhe nach verhalten sich die λ-Werte bei Schraubenmaschinen, rückwärts und vorwärts gekrümmten Schleuderrädern ungefähr wie 1 : 10 : 100 und damit nach der obigen Gleichung die für gleiche Leistung erforderlichen Umfangsgeschwindigkeiten ungefähr wie 5 : 2 : 1. Die Schraubenräder kommen also dem Bedürfnis der üblichen Antriebmotoren nach hohen Umlaufzahlen weitestgehend entgegen.

Geräuschfrage.

Zu den bisher erwähnten Gesichtspunkten für die Auswahl eines Lüfters, nämlich

Größe der Umfangsgeschwindigkeit,
Form der Druckkurve,
Größe des Höchstwirkungsgrades,
Lage des Höchstwirkungsgrades,
Höhe des Energiebedarfs,
Veränderlichkeit des Energiebedarfs,

tritt noch ein wichtiger hinzu, für den die Artschaubilder keine Unterlage bieten. Dieser in einzelnen Anwendungsfällen sogar ausschlaggebende Punkt betrifft die Geräuschfrage. Den Ausdruck „geräuschlos“ sollte man im Zusammenhang mit umlaufenden Arbeitsmaschinen als physikalisch sinnlos nicht anwenden. „Ruhig laufend“ dagegen ist eine mit Recht bei Lüftern verlangte und zugesicherte und sogar bei Gebläsen erfüllbare Eigenschaft, wie die Sonderbauarten der Orgel- und Rohrpostgebläse beweisen. Die Gesetze über die Bedingungen ruhigen Laufes sind noch wenig erforscht. Den größten Einfluß hat die Form der Schaufeln bzw. Flügel, ferner deren Anzahl in dem Sinne, daß eine große Zahl günstig wirkt. Bei jeder Bauart wachsen die Geräusche mit steigender Umlaufzahl, also mit steigendem Druck, so daß geringer Druckbedarf eine in solchen Fällen an das Leitungsnetz zu stellende Forderung ist. Ist die Entstehung von Geräuschen nicht hinreichend zu beheben, so kann ihre Übertragung durch Luft und feste Baustoffe stets mit geeigneten Mitteln verhindert werden.

Angesichts der vielen für die Auswahl von Lüftern maßgebenden technischen Gesichtspunkte kommt es in der Praxis auf diesem ebenso wie auf anderen Gebieten der Technik im wesentlichen darauf an, alle Bauformen als gleichberechtigt zu betrachten und sie ihrer Eigenart entsprechend zu verwenden. Die uneingeschränkten Bezeichnungen „gut“ und „schlecht“ sind nur in seltenen Fällen angebracht. Als ein Beispiel für eine solche Ausnahme sei der Doppel-Blackman-Schraubenlüfter erwähnt, dessen Artschaubild (s. Abb. 21) einer weiteren Erläuterung nicht bedarf.

Wirtschaftlichkeit.

Zu den bisher entwickelten technischen Gesichtspunkten für die Auswahl von Lüftern treten noch wirtschaftliche. Auf dem Gesamtgebiet der Förderung tropf-

barer und gasförmiger Flüssigkeiten liegen sowohl hinsichtlich der Rohrleitungen als auch hinsichtlich der Maschinen die Verhältnisse so, daß sich jeder Bedarfsfall nicht auf eine einzige, sondern auf mehrere Weisen lösen läßt. Diese unterscheiden sich dadurch, daß kleinen Maschinen bezw. Leitungsdurchmessern ein hoher Energiebedarf, d. h. kleinen Anschaffungskosten hohe Betriebskosten und umgekehrt zugeordnet sind. Diese Abarten beziehen sich nicht etwa auf die Bauform, sondern auf die verschiedenen Größen derselben Form. Denn mit der Größe ändert sich bei demselben Gesamtdruck dessen dynamischer Anteil und damit gleichzeitig der Betriebzustand und Wirkungsgrad des Lüfters. Z. B. ergeben sich aus der Kleinlüfterliste von Benno Schilde, Maschinenbau-A.-G., Hersfeld, für eine Luftmenge von 0,9 m^3/s und einen Gesamtdruck von 40 mm W.-S. folgende drei Modelle:

1. Mod. Leg 45/300 $n = 1104$ $N = 0{,}90$ PS $\eta = 0{,}53$ vH
2. Mod. Leg 52,5/350 $n = 899$ $N = 0{,}80$ „ $\eta = 0{,}60$ „
3. Mod. Leg 60/400 $n = 740$ $N = 0{,}72$ „ $\eta = 0{,}67$ „

Das kleinste Modell weist also außer dem größten Energiebedarf auch die höchste Umlaufzahl auf. Ist außer dem Gesamtdruck auch noch der anzuschließende Kanalquerschnitt, z. B. die Drucköffnung des Modells Leg 60/400 vorgeschrieben, so sind an die beiden kleineren Modelle Übergangsstücke von der jeweiligen Drucköffnung auf dem vorgeschriebenen Kanalquerschnitt anzuschließen, deren zusätzliche Druckverluste die Lüfter zu decken haben. In diesem Falle hätte Modell Leg 45/300 einen Gesamtdruck von 42 mm W.-S., Modell Leg 52,5/350 einen Gesamtdruck von 40,5 mm W.-S. zu erzeugen, wodurch sich das Verhältnis der Antriebleistungen noch weiter zuungunsten der kleinen Modelle verschiebt.

In jedem Einzelfalle kann natürlich nur eines der mehreren technisch möglichen Modelle das wirtschaftlich günstigste sein, d. h. die geringsten Gesamtkosten aufweisen, wobei sich die Gesamtkosten aus der Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals und den laufenden Betriebskosten zusammensetzen. Dieses günstigste Modell läßt sich auf folgende Weise zeichnerisch ermitteln. Es bezeichnen

M_g die jährlichen Gesamtkosten in ℳ,
m_a die Anschaffungskosten in ℳ,
m_b die jährlichen Betriebskosten für 1 PS in ℳ,
c den Bruchteil der Anschaffungskosten für jährliche Amortisation und Verzinsung.

Dann besteht die Gleichung:

$$M_g = c\, m_a + N\, m_b$$

Trägt man nun in einem Schaubild mit der Antriebleistung in PS als Abszisse und den Anschaffungkosten in ℳ als Ordinate die den einzelnen Modellen entsprechenden Punkte auf und verbindet sie durch eine Kurve, Abb. 24, so liegt der Zustand der geringsten Gesamtkosten auf demjenigen Punkt der Kurve, wo eine Geradenschar von der Richtungszahl

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{m_b}{c}$$

die Kurve berührt, bezw. unter dem kleinsten Winkel schneidet, falls es zu keiner Berührung kommt. Die bezeichnete Geradenschar stellt nämlich nach Gl. (26) den geometrischen Ort für die Zustände gleicher Gesamtkosten dar, deren jeweilige Größe dem Abstand der zugehörigen Geraden vom Nullpunkt verhältnisgleich ist. Es ist hierbei vorausgesetzt, daß in engen Grenzen die Betriebskosten gleichmäßig mit der Antriebleistung wachsen. Sollte dies nicht der Fall sein, so würde man die jährlichen Betriebskosten als Abszisse verwenden müssen. In Abb. 24 sind folgende beiden Beispiele eingetragen:

1. $c = 15$ vH $m_b = 300$ ℳ für 1 PS-Jahr $\operatorname{tg} \alpha_1 = -667$
2. $c = 24$ „ $m_b = 160$ „ „ $\operatorname{tg} \alpha_2 = -2000$

Für das erste Beispiel würde das durch Punkt c, für das zweite Beispiel das durch Punkt d bezeichnete Modell das günstigste sein.

Abb. 24. Zeichnerische Ermittlung des wirtschaftlich günstigsten Lüftermodells.

Liegen mehrere Bauarten von Lüftern zur Auswahl vor, so ist für jede Bauart die entsprechende Kurve zu verzeichnen und der Berührungspunkt mit derjenigen durch Gl. (27) bestimmten Geraden zu suchen, die vom Nullpunkt den geringsten Abstand hat. Schneiden sich beide Kurven, so sind beide Bauarten im allgemeinen, wenn auch nicht für besondere Fälle, gleichwertig, umfaßt dagegen die eine Kurve die andre, so ist die dem Nullpunkt näher gelegene in jedem Falle die günstigere. Das Verfahren beweist, daß man, streng genommen, zwei Einzelangebote über Modelle verschiedener Bauarten nur für den Fall miteinander vergleichen kann, daß die Punkte im Schaubild Abb. 24 auf einer Geraden von der Richtungszahl $\frac{c}{m_b}$ liegen. In allen andern Fällen sind mittels Kurven die jeweils durch mehrere Modelle vertretenen Arten zu vergleichen.

Wenn hier auch eine Anzahl von Regeln zur Beurteilung und Auswahl von Lüftern gegeben wurde, so sei doch zum Schluß darauf hingewiesen, daß im Einzelfalle die aufzustellenden Forderungen vielfach zu widersprechenden Bedingungen führen und daß es daher einer reichen praktischen Erfahrung bedarf, um in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht stets den richtigen Ausgleich zu treffen. [B 730]

Arbeiten des Ventilatoren- und Kompressoren-Ausschusses.

Der vom Verein deutscher Ingenieure in Gemeinschaft mit dem Verein deutscher Maschinenbauanstalten eingesetzte Ausschuß zur Aufstellung von Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren hat die im Jahre 1912 herausgegebenen Regeln einer eingehenden Umarbeitung unterzogen und auf den heutigen Stand der einschlägigen Wissenschaft und Technik gebracht. Als wertvolle Ergänzungen und Erweiterungen der ursprünglichen Fassung sind zu nennen:

Musterbeispiele für Untersuchungen an Ventilatoren und Kompressoren,
Zusammenstellungen von Formeln, Zahlentafeln, graphischen Darstellungen für Messungen mittels Düsen und Staurändern,
eine erweiterte Übersicht der einschlägigen Literatur und
ein Verzeichnis: Hersteller von Meßgeräten.

Infolge mehrerer Anregungen wird neben der inzwischen erweiterten Düsennormung auch eine solche für Stauränder zum erstenmal in den Regeln enthalten sein.

In der Schlußbesprechung über diese Regeln am 12. Januar d. J. konnten so ziemlich alle schwebenden Fragen zum Abschluß gebracht werden, nur hinsichtlich der Staurandnormung wurde für die endgültige Festlegung ein kleiner Sonderausschuß eingesetzt, der seinerseits noch zuvor mit Fachingenieuren aus dem Kreise des Vereins deutscher Eisenhüttenleute Fühlung nehmen will.

Die auf diesem Gebiete von Spitznass im Laboratorium der Flow Meters Co. in Chicago durchgeführten Versuche sind von deutschen Untersuchungsergebnissen ziemlich bestätigt worden, jedoch werden die ganzen Ergebnisse noch einmal in dem oben genannten Unterausschuß durchberaten werden, bevor sie Aufnahme in den neuen Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren finden. Falls diese Arbeit im Februar erledigt werden kann, darf mit dem Erscheinen der neuen Regeln im März 1925 gerechnet werden. [N 59] E.

Die wirtschaftliche Ausnutzung der Windenergie.

Von Hermann Hullen, Magdeburg.

Es werden die Bedingungen angegeben, unter denen die Windenergie in größerem Umfang als bisher wirtschaftlich ausgenutzt werden kann; für die Ermittlung der Wirkungsdauer einer bestimmten Windstärke wird eine empirische Formel angegeben.

Die Windenergie spielt in der Volkswirtschaft der Gegenwart eine untergeordnete Rolle. Selbst auf dem Gebiet, wo sie jahrhundertelang vorherrschte, in der Schiffahrt, ist sie sehr stark zurückgedrängt. Auf dem Festlande wird der Wind in erster Linie zum Antrieb von Mühlen benutzt, dann zum Betrieb von Pumpen für Landentwässerung und zur Wasserversorgung einzelner Gutshöfe und kleinerer Ortschaften, schließlich in neuerer Zeit auch zur Erzeugung elektrischer Energie.

In allen diesen Fällen ist die Einheitsleistung verhältnismäßig gering. Die Windraddurchmesser der vierflügeligen Windmotoren gehen selten über 12 m hinaus und können daher theoretisch bei 7 m/s Windgeschwindigkeit höchstens 20,5 PS leisten. Zu vervielfachen ist dieser Wert noch mit dem Wirkungsgrad des Getriebes, so daß tatsächlich kaum 15 PS geleistet werden. In größeren Abmessungen bis zu 35 m Durchmesser werden die vierflügeligen holländischen Windmühlen ausgeführt und können daher theoretisch im günstigsten Falle 175 PS leisten. Diese berechneten Spitzenleistungen sind aber beim Einzelbetrieb der Windmotoren selten ausnutzbar, da die mittleren Windgeschwindigkeiten und damit die mittleren Leistungen, die für die Anlage maßgebend sind, wesentlich geringer sind.

Vorbedingungen für die beste Ausnutzung der Windenergie sind:

1. Bau der Windmotoren derart, daß sie mechanisch und vor allem elektrisch mit gewöhnlichen Stromerzeugern ohne Zwischenschaltung von Pufferbatterien miteinander und mit andern Kraftmaschinen parallel arbeiten können.
2. Der Betrieb der Windmotoren muß oberhalb von 3 bis 3,5 m/s Windgeschwindigkeit bis zur Sturmgrenze möglich sein.
3. Die Einheiten müssen in solcher Größe ausgeführt werden, daß sich die Anstellung eines Maschinisten lohnt.

Es muß also vor allen Dingen zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit festgestellt werden, wie groß die gleichmäßig das ganze Jahr herrschende Windgeschwindigkeit v_i sein muß, um die gleiche Leistung zu erzeugen.

Abb. 1. Geschwindigkeits-, Zeit- und Energielinien für norddeutsche Windverhältnisse.

Kurve 1: $\frac{dt}{A\,dv} = e^{-3av} \sin(av)$

Kurve 2: $\frac{t}{A} = \int_{v_1}^{v_2} e^{-3av} \sin(av)\,dv$

Kurve 3: $\frac{\gamma F}{2g}\int_{v_1}^{v_2} v^3\,dv$ = Arbeitsvermögen eines Windstromes vom Querschnitt F in mkg.

Genaue Zahlen können hierüber kaum angegeben werden, da für ein und denselben Ort ganz verschiedene Werte der Windgeschwindigkeit genannt werden, und außerdem bildet der Mittelwert aus drei Tagesablesungen für die Energiebestimmung keine genügende Grundlage[1]). Diese Mittelbildung aus den um 7 Uhr morgens, 2 Uhr mittags und 9 Uhr abends gefundenen Werten ergibt eine Häufung der Zahlenwerte in der Nähe der mittleren Windgeschwindigkeit auf Kosten der etwas weiter abseits liegenden Werte. Die besonders nachmittags auftretende Flaute wird nicht berücksichtigt.

Für Überschlagsrechnungen brauchbare Werte der Windgeschwindigkeiten, die eher zu niedrig als zu hoch sind, erhält man, wenn man die Zeit t, in der Winde in der Stärke v bis $v + dv$ wehen, berechnet nach der Formel

$$dt = A\,e^{-3av} \sin(av)\,dv\,.$$

Hierin ist $a = \frac{\pi}{6.1\,v_m}$. e die Basis der natürlichen Logarithmen und A die Zeitdauer eines Jahres.

In Abb. 1 stellt die Kurve 1 die Werte $e^{-3av} \sin(av)$, die Kurve 2 die Werte $\frac{t}{A} = \int_{v_1}^{v_2} e^{-3av} \sin(av)\,dv$ dar. Dort, wo die Kurve 2 den Wert 50 vH erreicht, liegt die mittlere Windgeschwindigkeit v_m[2]). Diese ist ziemlich genau 1/3 der Höchstgeschwindigkeit. Es sei gleich bemerkt, daß die Formel nicht die größte physikalisch mögliche Windgeschwindigkeit berücksichtigt, sondern nur angenähert die Zeiten t angibt, in denen die Windstärken zwischen dem halben und dreifachen Betrage der mittleren Windgeschwindigkeit auftreten. Für das deutsche Küstengebiet ist $v_m = 6$ m/s; die Kurve ergibt eine Windgeschwindigkeit von weniger als 3 m/s für 20 vH des Jahres und eine Geschwindigkeit größer als $v = 18$ m/s entsprechend der dreifachen mittleren Windgeschwindigkeit für 2,5 vH des Jahres. Ein Windmotor kann also während 77,5 vH des Jahres betrieben werden. Für das Binnenland mit $v_m = 4{,}5$ m/s betragen die entsprechenden Werte 30,5 vH und 2,5 vH, so daß während 67 vH des Jahres der Betrieb möglich ist.

Das im Winde enthaltene Arbeitsvermögen ermittelt man mit Hilfe der Kurve 3. Die Leistung beträgt in PS:

$$E = \frac{\gamma F}{2 \cdot 75 \cdot g}\,\frac{\int_{v_1}^{v_2} v^3\,dt}{t_2 - t_1}\,.$$

$t_2 - t_1$ ist die Zeit, in der Winde mit der Geschwindigkeit $v > v_1$ und $< v_2$ wehen. Stellt also der Abstand der Kurve 3 von der Ordinatenachse ein Maß für v^3 in Abhängigkeit der durch die Kurve 2 gegebenen Zeit t bis $t + dt$ dar, so ist die Fläche zwischen der Ordinatenachse und der Kurve 3 einerseits und den Abszissen für v_1 und v_2 anderseits ein Maß für das $\int_{v_2}^{v_1} v^3\,dt$. Der Maßstab ändert sich mit der dritten Potenz der zugrundegelegten mittleren Geschwindigkeit v_m.

Durch richtige Bauweise der Motoren kann die Windenergie bei Windstärken zwischen 3 und 10 m/s mit gutem Wirkungsgrad ausgenutzt werden, während für höhere Windgeschwindigkeiten bis zur dreifachen mittleren Windgeschwindigkeit nur ein Teil entsprechend $v = 10$ m/s ausgenutzt werden kann. (Es ist berechtigt, als obere Grenze ein

[1]) Siehe hierzu auch: C. Kaßner, Z. Bd. 68 (1924) S. 179.

[2]) Theoretisch ergibt die Formel eine höhere mittlere Windgeschwindigkeit, jedoch gilt sie für die hohen Windgeschwindigkeiten nicht.

Vielfaches der mittleren Windgeschwindigkeit zu setzen, da die stärkeren Winde in freierer Gegend wehen und daher auch wirbelfreier und gleichmäßiger sind.)

Mit diesen Annahmen ist die verwertbare Windenergie bei $v_m = 6$ m/s ebenso groß, als wenn das ganze Jahr hindurch ein Wind von $v_i = 7{,}1$ m/s bliese. Für $v_m = 4{,}5$ m/s ergibt sich, daß die zu verwertende Energie so groß ist, als wenn dauernd ein Wind von $v_i = 6{,}3$ m/s weht.

Nach W. Hoff[1]) können höchstens 60 vH der im Wind enthaltenen Energie gewonnen werden, durch Windreibung und Wirbelbildung mögen weitere 10 vH verloren gehen. Der Wirkungsgrad des Getriebes sei zu 60 vH angenommen, dann ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad $\eta_g = 30$ vH. Ein Windmotor mit etwa 35 m Flügelkreisdurchmesser leistet dann durchschnittlich

bei $v_m = 6$ m/s etwa 87,5 PS,
„ $v_m = 4{,}5$ m/s etwa 61 „

Diese Werte für die mittlere Leistung sind jedoch nur zu erreichen, wenn Verwendung für die bei größerer Windstärke bis zu 10 m/s Windgeschwindigkeit erzeugte Leistung entsprechend 244 PS vorhanden ist.

Es müssen also die Windmotoren mit andern Kraftmaschinen zusammen arbeiten, die dann die Zusatzleistung erzeugen. Die Windmotoren sind dabei so zu regeln, daß sie stets die der Windstärke entsprechende größte Leistung abgeben. Es muß also einerseits der Windmotor immer mit der der Windstärke entsprechenden günstigsten Geschwindigkeit laufen, während anderseits die Triebwelle stets praktisch die gleiche Drehzahl haben muß, unabhängig von der Belastung und Windstärke. Weiter ist die Sicherung gegen Windbruch unbedingt zu fordern, bei großen Windmotoren ist sie nicht mehr mit den bisher üblichen Maßnahmen zu erreichen. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit der Doppelregelung. Ein Regler wirkt auf die drehbaren Flügelflächen und hält so die Drehzahl des Windrades innerhalb bestimmter Grenzen, während ein zweiter Regler auf ein in die Triebwelle eingebautes Getriebe einwirkt und dessen Übersetzung so ändert, daß der auf der Arbeitsmaschinenseite gelegene Wellenteil mit unveränderlicher Drehzahl läuft, Abb. 2.

Abb. 2. Regelung von Windmotoren.

a Windrad
b verstellbare Flügelfläche
c Regler zur Flügelverstellung
d Windfläche zur Unterstützung des Reglers *c*
e Getriebe mit veränderlicher Übersetzung
f Regler zur Übersetzungsänderung
g Dynamo
h Schwungrad
i Klauenkupplung

Über die günstigste Flügelgeschwindigkeit im Verhältnis zur Windgeschwindigkeit gibt uns die Arbeitsgleichung für eine senkrecht zur Windrichtung bewegte Fläche, deren Ebene zur Bewegungsrichtung um den Winkel α geneigt ist, Aufschluß. Sie lautet, s. Abb. 3:

[1]) W. Hoff, Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 11 (1920) S. 15.

Abb. 3. Geschwindigkeitsplan der bewegten ebenen Platte.
v Windgeschwindigkeit
$r\omega$ Geschwindigkeit der Platte
α Anstellwinkel der Platte
β relativer Einfallwinkel

Abb. 4. Druck- und Leistungskurven für bewegte, lange, ebene Platten von geringer Dicke.

$$dE = \frac{v^3}{75}\left[\frac{r\,\omega}{v} + \frac{r^3\,\omega^3}{v^3}\right] k \sin\alpha\, b\, d\, r \text{ in PS},$$

wenn v die Windgeschwindigkeit und $r\,\omega$ die Bewegungsgeschwindigkeit des Flächenelementes von der Größe $b\,dr$ ist. Der Wert k ist abhängig vom spezifischen Gewicht der Luft, von dem Winkel β zwischen relativer Windrichtung und Flügelflächenebene und von der Form des Flügels. Für lange, schmale, dünne Bretter, ähnlich den bei Windmotoren gebräuchlichen, sind Versuchswerte in Z. Bd. 54 (1910) S. 853 veröffentlicht. Unter Zugrundelegung dieser Werte sind die Leistungskurven der Abb. 4 berechnet und in Abhängigkeit von $\frac{v\,\omega}{v}$ und α aufgetragen. Aus dieser Abbildung geht deutlich die Vergrößerung der Arbeitsfähigkeit mit wachsendem $\frac{r\,\omega}{v}$ hervor. Es hat wenig Sinn, die nutzbare Flügelfläche bis an die Flügelwurzel zu führen. Außerdem läßt sich mit Hilfe dieser Kurven der günstigste Anstellwinkel α in Abhängigkeit von der Entfernung vom Mittelpunkt und damit die Verschränkung der Flügel bestimmen. Mit Rücksicht auf die Materialdicke der Flügel dürfte es nicht zu empfehlen sein, den Wert $\frac{r\,\omega}{v}$ größer als 4 bis 4,5 für die Flügelspitzen zu nehmen, jedoch scheint der in der Hütte 20. Aufl. S. 389 angegebene Wert von 2,32 für Windmotoren dieser Art zu niedrig zu liegen. Unter der Voraussetzung, daß die Versuchswerte noch Gültigkeit haben, wenn ein Viertel der Projektion des Radumfanges beplattet ist, wird mit $\frac{r\,\omega}{v} = 4{,}0$ die höchste Leistung schon bei einer Flügellänge 0,6 R erreicht. R ist der Halbmesser des Windrades. Die Leistung wird durch die gegenseitige Störung der Flügel geringer als berechnet ausfallen, jedoch bestätigt die Rechnung die durch Prof. la Cour und Sörensen[2]) versuchsmäßig gefundene Tatsache, daß eine vollständige Beplattung des Windrades keine nennenswerte Leistungssteigerung ergibt.

Die Rechnung zeigt mit vorsichtig geschätzten Zahlen für die Windgeschwindigkeiten und die Wirkungsgrade, daß Großwindmotoren selbst in Gegenden mit einer mittleren Windgeschwindigkeit $v_m = 4{,}5$ m/s noch eine recht hohe Durchschnittsleistung erzielen können. Voraussetzung dabei ist, daß die Windmotoren bis zu Windgeschwindigkeiten gleich etwa der dreifachen mittleren betrieben werden können und sich jederzeit die der Windstärke entsprechende Gesamtleistung verwerten läßt. Dies ist besonders möglich bei Windmotorflügel mit andern Kraftmaschinen[3]). [B 528]

[2]) Z. Bd. 49 (1905) S. 1957.

[3]) Die seit der Abfassung des Aufsatzes bekannt gewordene Flettnerwalze ist grundsätzlich auch als Windmotorflügel verwendbar. Baulich dürfte die zur Erzielung größerer Leistungen je Quadratmeter Walzenprojektion erforderliche hohe Umfangsgeschwindigkeit der Walzen erhebliche Schwierigkeiten bereiten

RUNDSCHAU.

Eisenhüttenwesen.

Eisenhüttentagung.

Der Verein deutscher Eisenhüttenleute hatte die Hauptversammlung, die er für den 8. und 9. Dezember 1923 nach Hannover einberufen hatte, in letzter Stunde mit Rücksicht auf die damals herrschenden politischen und wirtschaftlichen Verhältnisse auf einen günstigeren Zeitpunkt verschieben müssen. Die neu angesetzte Versammlung tagte am 29. und 30. November vorigen Jahres in Düsseldorf; Mitglieder und Gäste waren in besonders stattlicher Zahl erschienen.

Die Versammlung begann am Abend des 29. November im großen Saale des Zoologischen Gartens mit geschäftlichen Mitteilungen des Vorsitzenden Dr.-Ing. Vögler. Prof. Dr.-Ing. P. Oberhoffer, Aachen, hielt den ersten Vortrag:

Über den Sauerstoff im Eisen.

Er erörterte zunächst den Begriff „Sauerstoff" im metallurgischen Sinn und zeigte, daß damit nicht freier Sauerstoff, sondern Sauerstoffverbindungen des Eisens und andrer Stoffe gemeint sind. Der Sauerstoff beeinflußt eine Reihe von wichtigen Eigenschaften des Eisens und Stahls, insbesondre die Dichtigkeit der Blöcke, den Rotbruch, den Schieferbruch, die Schweißbarkeit, die Härtbarkeit, die magnetischen Eigenschaften und die Festigkeitseigenschaften, letztere auch ganz besonders bei Grauguß. Voraussetzung für eine volle Erkenntnis der Möglichkeit der Entfernung des Sauerstoffs ist die Kenntnis der Beziehungen des Eisens zu den Eisen-Sauerstoff-Verbindungen und zu den übrigen im Eisen vorkommenden Sauerstoffverbindungen, ferner aber auch die Kenntnis der Beziehungen aller dieser Sauerstoffverbindungen untereinander. Daß nach dieser Richtung hin wenig zuverlässige Unterlagen vorliegen, führte der Redner hauptsächlich auf den Mangel zuverlässiger Verfahren zur Bestimmung des Sauerstoffs zurück.

Zu diesen übergehend schilderte der Vortragende die Entwicklung seiner eigenen Arbeiten, die den Zeitraum etwa der letzten zehn Jahre umfassen. Den Ausgangspunkt seiner Untersuchungen bildet das zuerst von Ledebur in erhöhtem Maß angewandte Wasserstoffverfahren, bei dem die Reduktion der Sauerstoffverbindungen durch Wasserstoff erreicht wird. Eine Verbesserung dieses Verfahrens ist von Oberhoffer gemeinsam mit von Keil dadurch erreicht worden, daß die zu untersuchenden Späne durch eine leicht schmelzende Legierung verflüssigt wurden. Immerhin bot auch dieses verbesserte Verfahren noch einige Nachteile; deshalb griff man auf das früher bereits von Goerens vorgeschlagene Verfahren zurück, die Sauerstoffverbindungen durch Kohlenstoff zu reduzieren. Die Entwicklung dieses Verfahrens unter Anwendung der vom Vortragenden gemeinsam mit Beutell gebauten Gas-Extraktions-Einrichtung gestattete eine praktisch vollständige Erfassung des Sauerstoffgehalts, wobei der Reduktionskohlenstoff nicht, wie früher einmal versuchsweise von amerikanischen Forschern, in der Form des schwer zu entgasenden Graphits, sondern als eine hochkohlenstoffhaltige Eisen-Mangan-Legierung benutzt wurde.

Die Notwendigkeit aber, nicht nur den Gesamtsauerstoff zu erfassen, sondern auch seine Verteilung auf die einzelnen Elemente, insbesondre auf Eisen, Mangan und Silizium, veranlaßte Oberhoffer, auch diejenigen Verfahren in den Kreis seiner Untersuchungen einzubeziehen, bei denen durch ein geeignetes Lösungsmittel die metallische Substanz gelöst wird und die oxydischen Bestandteile ungelöst zurückblicken. Als Lösungsmittel kam das bereits von Schneider, später von Wüst und Kirpach angewandte Brom in Frage. Das Verfahren wurde wesentlich vervollkommnet, insbesondre durch Verbesserung des Waschmittels und durch Anwendung eines dichteren Filters. Zum Schluß erörterte der Redner an der Hand von Zahlen den Anwendungsbereich des Verfahrens. Über

Verformen und Rekristallisieren (theoretische Betrachtungen zur Kaltverarbeitung der Metalle)

sprach Prof. Dr. Fr. Körber, Düsseldorf. Auf diesen wertvollen Vortrag, der sich mit den Änderungen im mikroskopischen Gefügebild, die durch Kaltbearbeitung des Werkstoffs hervorgerufen werden, und mit der Rückbildung des Ausgangsgefüges infolge geeigneter Glühung, d. h. mit den Erscheinungen der Rekristallisation beschäftigt, werden wir ausführlich in dieser Zeitschrift zurückkommen.

Zum Schluß behandelte Dir. A. Brüninghaus, Dortmund,

Die Gewinnung und Verwendung der mit Sauerstoff angereicherten Luft im Hüttenbetriebe.

Die Menge der auf einem Hüttenwerk für die metallurgischen Verfahren verbrauchten Luft übersteigt die aller übrigen Rohstoffe; ihrer physikalischen und chemischen Beschaffenheit hat der Hüttenmann früh seine Aufmerksamkeit zugewandt. Von den vielerlei Möglichkeiten, mit Sauerstoff angereicherte Luft zu gewinnen, sind praktisch nutzbar heute nur die Verfahren, die auf Verflüssigung der Luft mit nachfolgender Trennung des Stickstoffs und Sauerstoffs beruhen[1]). Bei Verwendung auf Hüttenwerken ergeben sich hierbei ganz neue Bilder für die Energiewirtschaft. Heute kann Sauerstoff mit einem Arbeitsaufwand von 0,7 bis 1 PS für 1 m³ Sauerstoff hergestellt werden; bei vorsichtiger Rechnung würden sich die Erzeugungskosten auf 2,75 ₰/m³ stellen, und es besteht Aussicht, sie noch weiter herabzudrücken.

Aus Berechnungen geht hervor, daß bei dem Preis von 2,75 ₰ für 1 m³ Sauerstoff die Betriebskosten mit sauerstoffreicher Luft im allgemeinen höher sein würden als beim Betrieb mit atmosphärischer Luft. Deshalb müßte durch praktische Versuche erst erwiesen werden, daß aus der Anreicherung besondre betriebliche Vorteile erwachsen, um die Verwendung von sauerstoffreicher Luft zu rechtfertigen. Hierüber kann nur der Versuch im großen endgültige Ergebnisse zeitigen. Beim Thomas-Verfahren scheint man in beiden Fällen mit gleichen Kosten rechnen zu können. Weiter kann beim Siemens-Martin-Verfahren bei Einführung von Kohlenstaub ein Vorteil gegenüber der Heizung mit Generatorgas erreicht werden, ferner dann, wenn man den mit sauerstoffreicher Luft betriebenen Siemens-Martin-Ofen als Ersatz für einen Elektrostahlofen verwenden kann. Hier sind aber manche, heute noch ungelöste Fragen zu beantworten. Man darf sich bei der Betrachtung der Möglichkeit der Verwendung von sauerstoffreicher Luft bei hüttentechnischen Verfahren nicht auf die heut üblichen beschränken, sondern es muß auch geprüft werden, ob sich aus den durch den Sauerstoffzusatz geänderten Verhältnissen des Temperatur- und des Wärmehaushaltes nicht neue Verfahren ergeben können. Dabei wird auf das Windfrischverfahren verwiesen, bei dem sich vielleicht die Möglichkeit eines größeren Erzzusatzes ergeben kann.

Die Sitzung am Sonntag im Stadttheater Düsseldorf eröffnete wiederum der Vorsitzende, Generaldirektor Dr. Vögler[2]), Dortmund.

Nach einer Übersicht über die letzten Arbeiten des Vereins und seiner zahlreich tätigen Fachausschüsse kennzeichnete er die

Zukunftsaufgaben

des Vereines: Verbesserung der Brennstoffe mit dem Ziele, daß alljährlich gewaltige Beträge im Betrieb erspart werden können; Weiterentwicklung der Werkstoffnormen für Eisen und Stahl und Weckung des Sinnes für Qualität, zum Teil aus Gründen des Absatzes, zum Teil als Erziehungsmittel für unser ganzes Volk, schließlich Erziehung zur Achtsamkeit gegenüber den Unfallgefahren unsrer Betriebe. Die Ausführungen Vöglers gipfeln in der Forderung nach Zusammenfassung der wirtschaftlichen Kräfte zu gemeinsamer Arbeit selbst über den nationalen Rahmen hinaus. Kräftig unterstrichen wurde von ihm die Notwendigkeit des Austausches landwirtschaftlicher Erzeugnisse gegen Industrieerzeugnisse; für Deutschland sah der Redner in der Entwicklung der Technik, die zu einer billigeren und leichteren Lebenshaltung helfen soll, das Mittel zu gesteigerter Erzeugung und in ihr den einzigen Ausweg aus unsrer gegenwärtigen Lage.

Im Anschluß an diesen Vortrag erhielt Dr.-Ing. eh. Otto Vogel, Düsseldorf, in Anerkennung seiner Verdienste, namentlich auf dem Gebiet der Geschichte des Eisens, die Carl-Lueg-Denkmünze. Dr. Wilh. Beumer wurde in Würdigung seiner Verdienste als langjähriger Leiter des wirtschaftlichen Teils der Zeitschrift „Stahl und Eisen" und als furchtloser Vorkämpfer Bismarckischer Wirtschaftspolitik zum Ehrenmitglied des Vereins ernannt.

Alsdann hielt Oberingenieur Dipl.-Ing. O. Schäfer, Berlin, einen ausführlichen Vortrag über

Die Anwendung des Schwimmverfahrens zur Aufbereitung von Kohle.

Die Schwierigkeiten in der Schwimmaufbereitung von Kohlenschlamm sind überwunden. Dasselbe Verfahren kommt in besondren Fällen noch für die Aufbereitung von zerkleinerten Förderkohlen zur Gewinnung physikalisch besserer Koks und zur Herstellung einer schwefelarmen Kohle sowie zur Trennung von backender und nicht backender Kohle in Frage.

Für die Trocknung der so behandelten Kohlen gibt es verschiedene Wege unter Zugrundelegung der Tatsache, daß hauptsächlich nur das Korn unter 1 mm die Trocknung ungünstig beeinflußt. Der Wert einer weitgehenden Trocknung der Kokskohle geht aus den damit verbundenen Ersparnissen in der Kokerei hervor. An zwei Kohlensorten zeigte der Redner die wirtschaftliche Bedeutung der Schwimmaufbereitung mittels „Wasch-Diagrammen", aus denen sich ergibt, daß das Gesamtausbringen in der Feinkohlenwäsche durch die Schwimmaufbereitung bis um

---

[1]) Vergl. Z. Bd. 65 (1921) S. 1356.

[2]) s. „Zukunftsaufgaben deutscher Technik und Wirtschaft" V. d. I.-Nachrichten Bd. 4 (1924) Nr. 59 veröffentlicht.

15 vH erhöht werden kann. Zur Ermittlung des Höchstausbringens sind Waschversuche mit Feinkohle und Schwimmaufbereitungsversuche mit Kohlenschlamm unbedingt nötig, ebenso die Aufstellung von ähnlichen Waschdiagrammen.

Zum Schluß sprach Prof. Dr. H. Warmbold, Berlin, über die Beziehungen zwischen

Industrie und Landwirtschaft.

Der Vortrag verdient besonders die Beachtung weitester Kreise der Technik, und wir werden daher auf ihn noch besonders in der Zeitschrift zurückkommen.

Ein gemeinsames Mahl im Zoologischen Garten beschloß die Tagung. [N 977]

Aus dem Ausland.

Gießerei.

Sandverdichten durch Schleudern.[1])

In den deutschen Gießereien kommen zurzeit zwei Verfahren mechanischer Sandverdichtung in Frage: das Pressen und das Rütteln, wenn man von den mechanischen Stampfern absieht, die nur eine beschränkte Verwendung beim Herstellen von Röhrenformen finden. Die Sandverdichtungspressen, die auf den Rücken der Form wirken, haben die stärkste Sandverdichtung unmittelbar unter der Preßplatte, also in der Sandebene zur Folge, die am weitesten von dem Modell entfernt ist. Dieses Verfahren benutzt man nur bei kleineren, einfacheren Modellen, die niedrige Formkasten erfordern. Bei höheren Modellen und solchen größerer Abmessungen wird mit Vorpressung gearbeitet, wenn man nicht die Modelle durch die Presse von unten in den Sand hineindrücken läßt. Hierdurch wird die Sanddichte an der Modelloberfläche am größten.

Beim Rüttelverfahren liegt es in der Art der Sandbewegung, bei der die oberen Sandschichten auf die unteren drücken, ohne weiteres begründet, daß die größte Sanddichte an der Modelloberfläche entsteht. Allerdings ist beim Rütteln der Rücken der Form nicht immer dicht genug; um ein Herausfallen des Sandes beim Wenden des Formkastens zu verhüten, läßt man den Sandrücken mit Preßluft- oder Handstampfern nach Beendigung des Rüttelns nachstampfen.

Das neuerdings angewandte Schleuderverfahren[2]) regelt die Dichte des Sandes in den verschiedenen Ebenen der Form. Vor etwa vier Jahren hat die Firma The Beardsley & Piper Co.[3]), Chicago, zum ersten Male damit gearbeitet. Zurzeit stehen etwa 400 Sandschleuderer in den Vereinigten Staaten in Betrieb.

Die ortfeste Ausführung kommt für Gießereien mit eingebauten Sandförderanlagen in Frage, an die sich Hilfseinrichtungen anschließen lassen, die das Formmaterial dem Sandbehälter der Maschine zuführen. Die tragbare Ausführung, Abb. 1 und 2, kann mittels Kranes an die verschiedenen Arbeitsplätze gesetzt werden. Sie besteht aus einer kräftigen Säule *a*, um die sich ein doppelter Gelenkarm *b*, *c* drehen kann. Auf dem der Säule am nächsten gelegenen Armteil *b* sitzt ein Behälter mit Schüttelsieb *d* und Antrieb *e*. An den oberen Teil des Behälters ist eine Rutsche *f* angeschlossen, durch die die ausgesiebten Sandbeimengungen in einen Kasten *g* fallen, der lose auf eine am Arm befestigte Unterlage *h* gestellt ist und von Zeit zu Zeit entleert wird. Das Vorgelege für das Schüttelsieb wird durch den Elektromotor *i* angetrieben. Ein Klopfer *s* hält die Siebmaschen sauber. Am Ende von *c* sitzt das Schleuderrad *k* mit dem Becher *l*. Beide sind von einem Gehäuse *m* umschlossen, das an den Stellen, die mit dem Sand in Berührung kommen, mit einem starken Stahlband ausgefüttert ist. Vorn ist das Gehäuse durch einen Aluminiumdeckel *n* abgeschlossen, an dem einer der beiden Handgriffe zum Bewegen des Sandschleuderstrahls über dem Formkasten sitzt. Über dem Armgelenk ist der Sandempfänger *o* angebracht, der den bei *d* gesiebten Sand aufnimmt, um ihn dem Riemen *p* zuzuführen, der ihn in den Bereich des Schleuderbechers *l* leitet. Riemen *p* und Schleuder-

Abb. 1 und 2. Schleuderformmaschine tragbare Ausführung.

Abb. 2.

[1]) Nach einem Vortrag von Prof. U. Lohse, Hamburg, im Gießereiverband; s. a. „Die Gießerei" Bd. 11 (1924) Nr. 41.

[2]) vergl. a. Z. Bd. 68 (1924) S. 920.

[3]) In Deutschland werden die Sandschleuderer von der Graue-A.-G., Langenhagen b. Hannover gebaut.

rad *k* werden von einem zweiten am äußeren Arm befestigten Elektromotor *r* aus betätigt.

Da sämtliche drehbaren Teile der Maschine in Kugel- oder Rollenlagern laufen und gut ausgewuchtet sind, ist der Schleuderarm sehr leicht beweglich. Die Ein- und Ausschaltknöpfe für die Motoren liegen am Schleuderkopf bequem für den bedienenden Arbeiter erreichbar, so daß die Maschine leicht und schnell angelassen und stillgesetzt werden kann. Sämtliche Teile der Maschine sind gut eingekapselt und so vor den Einwirkungen des Gießereistaubes geschützt. Der Sand wird bei *u* in das Becherwerk *t* geschaufelt, das ihn dem Siebbehälter *q* zuführt. Zum Anziehen der Becherkette dient eine durch ein Sperrad *s* betätigte Zugfeder *y*. Damit man den 3 m langen Schleuderarm genau wagerecht stellen kann, ruht die eine Hälfte des Untergestells auf zwei Öldruckkolben *v*, die durch eine Handdruckpumpe betätigt werden und mittels einer am Gestell angebrachten Wasserwage ein genaues Einrichten der ganzen Maschine ermöglichen.

Diese Maschine findet die weitestgehende Verwendungsmöglichkeit für Formen jeder Art und Größe. Sie scheint für deutsche Verhältnisse am besten geeignet zu sein. Ist die Form sehr groß, so daß sie von dem Arm nicht ganz bestrichen werden kann, so wird zunächst ein Teil der Form fertig geschleudert, dann wird die Maschine weitergesetzt, bis der Restteil der Form verdichtet ist. Man kann diese Ausführung für Kasten- und Grubenformen von 0,15 m³ Inhalt und mehr bis zu den größten Abmessungen und 3 m Tiefe benutzen; sie verdichtet 0,3 m³ oder 400 kg Sand in der Minute, eine Menge, die drei Mann nur bei angestrengter Arbeit in das Becherwerk einschaufeln können.

Eine andre Ausführung von Beardsley & Piper, der Trecker-Sandschleuderer, arbeitet sich mit eigener Kraft in dem im Gießereischiff der Länge nach aufgeschichteten Sandhaufen weiter. Sie unterscheidet sich in Bau und Wirkungsweise von dem vorher besprochenen Schleuderer nur dadurch, daß sie auf vier auf gezahnten Schienen laufende Räder gesetzt und an der dem Schleuderarm abgekehrten Seite unten mit je einer links- und rechtsgängigen Förderschnecke versehen ist. Diese Sandförderschnecken mischen den Sand und bringen ihn dem Becherwerk zu, das ihn auf das Schüttelsieb des Schleuderers hebt. Die ganze Maschine wird durch Klinkwerk auf den Schienen von dem einen bis zum andern Ende der Halle selbsttätig fortgeschoben.

Eine vierte, die Lokomotivausführung, kommt für solche Gießereien in Frage, die dauernd Formen herzustellen haben, für die eine besonders gute Sandaufbereitung notwendig ist. Sie ist aus der Treckerausführung dadurch entstanden, daß man eine besondre Sandaufbereitungsanlage mit einem Trecker vereinigt hat. Die Fahrgleise haben 2,6 m Spurweite und sind an der Längsseite der Gießhalle entlang verlegt. Wie beim Trecker wird auch hier der Sand zwischen den Schienen zu einem langen Haufen aufgeschichtet, aus dem ein Becherwerk ihn der Sandaufbereitvorrichtung, die auf dem Wagengestell aufgestellt ist, zuführt. Der aufbereitete Sand gelangt in einen Behälter, aus dem er von dem Becherwerk für die eigentliche Schleudermaschine entnommen und in oben beschriebener Weise in den Schleuderbecher gefördert wird. Die Maschine hat einen Schleuderarm von 3,2 m Länge und schleudert 0,3 m³ Sand in der Minute. Sie bereitet auch Modellsand auf. Ein Bedienungsmann ist imstande, mit dieser Maschine in acht Stunden 150 bis 200 t Sand aufzubereiten. Außer diesem Mann, der auf der Maschinenplattform stehen bleibt und die Steuerschalter der Motoren bedient, ist ein zweiter nötig, der den Schleuderkopf betätigt.

Man wird befürchten, daß eine Maschine, die mit so viel Getrieben im Staube der Gießhallen arbeiten muß, zu vielen Ausbesserungen Veranlassung gibt. Das ist aber nicht der Fall. Selbstverständlich reißt einmal ein Riemen, es müssen Lager ersetzt werden, der Schleuderbecher muß dann und wann ausgewechselt werden usw. Indessen sind das Instandhaltungsarbeiten, die auch bei andern Gießereimaschinen vorkommen und zu keiner längeren Betriebsunterbrechung führen.

Die wesentlichen Vorzüge, die diese neuen Vorrichtungen zum Sandverdichten in Formen für Grau-, Stahl- und Metallguß aufweisen, sind:

1. der Sandschleuderer ist unabhängig von den Abmessungen des Formkastens,
2. große und tiefe Kasten können auf ihm besser und schneller verdichtet werden als auf den bisher bekannten Maschinen,
3. er ermöglicht ein mehr oder weniger starkes Verdichten des Sandes an jeder beliebigen Stelle der Form,
4. im Verein mit Durchzugmaschinen arbeitend, übertrifft er bei kleinem und mittlerem Guß die Leistung jeder andern Formmaschinenart,
5. er braucht zu seiner Aufstellung keine Gruben und Gründungen,
6. er läßt sich den örtlichen und fabrikatorischen Verhältnissen der Gießereien durch seine verschiedenen Ausführungen in weitgehender Weise anpassen. [M 946] Gw.

Schiffs- und Seewesen.

Saugzuganlagen bei Schiffskesseln.

Künstlichen Zug hat man bei kleineren und mittleren Schiffsmaschinenanlagen bisher nicht eingeführt, weil sich die bei großen Anlagen üblichen Bauarten als für sie ungeeignet erwiesen haben, trotzdem gerade bei kleinen Schiffen mit niedrigen Schornsteinen der Schornsteinzug sehr verbesserungsbedürftig ist. Dies gilt wenigstens für Kondensationsmaschinen, während bei Auspuffmaschinen der Abdampf in den Schornstein geführt wird, wo er durch Saugwirkung einen künstlichen Zug von 25 bis 40 mm W.-S. erzeugt. Dieser Zug reicht völlig aus für eine starke Verdampfung im Kessel. Bei derartigen Schiffen mit Kondensationsanlagen ist es aber häufig trotz verhältnismäßig großer Kessel nicht möglich, die beabsichtigte Leistung dauernd durchzuhalten, wenn minderwertige Kohle verbrannt werden soll. Diese Verhältnisse haben vor einiger Zeit zur Konstruktion einer neuartigen Saugzuganlage geführt, die von Haß & Co., Bergedorf, zuerst auf den Monopolschleppern der westdeutschen Kanäle mit so gutem Erfolg in Betrieb genommen wurde, daß sie berufen scheint, die Leistung und Wirtschaftlichkeit der Kesselanlagen von Fluß-, Kanal- und Hafenschiffen grundlegend zu verbessern.

Die in Abb. 3 und 4 dargestellte Bauart „Turbobläser" besteht aus einem durch eine Turbine angetriebenen Schraubenlüfter, der in einer düsenförmigen Verengung des Schornsteines arbeitet. Die Turbine ist in einem an beiden Enden offenen Kanal untergebracht, der durch den unteren Teil des Schornsteines bzw. den oberen Teil der Rauchkammer führt; der obere Teil der senkrecht liegenden Turbinenwelle ist durch die Decke dieses Kanals durchgeführt und trägt an ihrem Kopf den Schraubenlüfter. Den Einwirkungen der heißen Verbrennungsgase ist also nur der aus Schmiedeisen bestehende Lüfter ausgesetzt, und die Turbine selbst wird durch den den Kanal durchziehenden Luftstrom gekühlt. Diese Kühlung wird durch eine umlaufende, selbsttätig arbeitende Ölschmierung unterstützt. Die Anlage ist gedrängt gebaut und kann auch bei ungünstigen Raumverhältnissen nachträglich in jede Kesselanlage eingebaut werden. Der Antrieb des Lüfters erfordert eine nur sehr geringe Leistung. Der Dampf für die Turbine wird dem Aufnehmer der Hauptmaschine entnommen, er hat also den größten Teil seiner Arbeitsfähigkeit bereits im Hochdruckzylinder der Schiffsmaschine abgegeben. Von der Turbine strömt er in den Speisewasservorwärmer, wo ihm der Rest seiner Wärme entzogen wird. Durch diese Anordnung, bei der also die Energie des Dampfes sowohl vor als nach dem Durchströmen der Turbine ausgenutzt wird, erreicht man, daß der zum Antrieb des Lüfters erforderliche Brennstoffverbrauch äußerst gering ist.

Auf den Monopolschleppern ergab sich durch den Einbau der Saugzuganlage bei nur 8 bis 12 mm W.-S. Zugstärke im Rauchfang eine Leistungssteigerung von durchschnittlich 130 auf 200 PS

Abb. 3 und 4. Saugzuganlage „Turbobläser" für Schiffskessel.
a Turbine *b* Ölbehälter *c* Laufring
d Dampfaustritt *e* Dampfeintritt

bei einer Kesselanlage von 60 m² Heizfläche. Der Kohlenverbrauch für die indizierte Pferdestärke und Stunde ging von 1,05 bis 1,15 kg auf 0,93 bis 0,95 kg zurück, die Kosten für die Tonne Schleppleistung unter Berücksichtigung der Kapitalkosten durch den Einbau um etwa 26 bis 27 vH. Bei Neubauten von gleichgroßen Monopolschleppern, die von vornherein mit wirtschaftlicheren Maschinen versehen wurden, konnte die Leistung auf 230 PS$_i$ erhöht und der Kohlenverbrauch auf etwa 0,75 kg/PS$_i$h herabgesetzt werden.

Noch wesentlich günstigere Ergebnisse wurden mit dem „Turbobläser" auf einigen Schiffen erzielt, bei denen mit Rücksicht auf den Preis und sonstige Umstände zu kleine Kessel eingebaut waren. Es hat sich bei den mit diesen Schiffen geführten Untersuchungen deutlich gezeigt, daß der Dampfverbrauch der Maschine bei zu kleiner Kesselanlage außerordentlich ungünstig wird und den normalen ganz bedeutend übersteigt, weil entweder der Dampfdruck im Kessel nachläßt oder die Drosselklappe so weit geschlossen werden muß, daß der Spannungsabfall in ihr einige Atmosphären beträgt. Dadurch wird der Dampfverbrauch der Maschine leicht um 20 bis 30 vH gesteigert. Bei dem Seeschlepper „Titan", der während des Krieges mit einem gerade zur Verfügung stehenden Kessel ausgerüstet wurde, erzielte man durch den Einbau der Turbobläser-Saugzuganlage eine Leistungssteigerung von etwa 70 vH, und erreichte, daß der Kesseldruck ohne Drosselung auf der vorgeschriebenen Höhe gehalten wurde. Ähnliche Ergebnisse wurden bei dem Schlepper „Achilles" erreicht.

Sehr eingehende Versuche wurden auf den von der Norderwerft in Hamburg vor kurzem gebauten Hafenschleppern „Alwine" und „Doris" durchgeführt. Beim Bau dieser Schiffe, die Kondensationsmaschinen haben, lag von vornherein der Gedanke zugrunde, sie mit einem Kessel auszurüsten, der der bei Auspuffmaschinen üblichen Größe entsprach und bei dem die sonst durch den Auspuff erzielte Stärke des künstlichen Zuges durch mechanischen Saugzug ersetzt werden sollte. Um einen einwandfreien Überblick über die gesamten Verhältnisse von Kessel- und Maschinenleistung zu erhalten, wurden mit den Schiffen zunächst vor Einbau der Saugzuganlage, also bei natürlichem Zug, einige Probefahrten gemacht. Wie zu erwarten war, verdampfte der Kessel unter den ungünstigen Verhältnissen sehr wenig Wasser, und die Maschinen litten unter Dampfmangel; infolgedessen ergab sich ein ganz außergewöhnlich hoher Dampfverbrauch für die Pferdekraftstunde. Der Dampfdruck war nicht zu halten, und es wurden trotz angestrengter Arbeit der Heizer nur 100 bis 120 PS erzielt. Die Zugstärke wurde durch den Einbau der Saugzuganlage im Rauchfang von 4 bis 5 mm auf 12 bis 20 mm W.-S. erhöht und konnte mühelos auf 25 mm W.-S. gesteigert werden. Die Dauerleistung der Maschinenanlage wurde von etwa 100 PS auf 230 bis 240 bei 15 bis 18 mm Zug, und auf 270 PS$_i$ bei 23 bis 25 mm Zug erhöht.

Die Kesselleistung für den Quadratmeter Heizfläche wurde von unter 20 auf 30 bis 35 kg/m² Dampf gesteigert. Der Dampfverbrauch der Maschine verringerte sich von 12 bis 13 auf rd. 9 kg/PS$_i$h Dampf, das heißt um etwa 25 bis 30 vH. Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, in wie großem Umfang eine Verschlechterung der Maschinenleistung eintritt, wenn der Kessel eine ungenügende Dampfmenge liefert. Der Kohlenverbrauch für die Pferdekraft und Stunde wurde von 1,5 auf 1,0 kg verringert. Die Kessel halten im Betriebe dauernd Dampf und blasen, wenn sich durch starken Anhang plötzlich eine Verringerung der Maschinenumdrehungszahl ergibt. Die Leistungen der Schlepper sind wegen des geringeren Dampfverbrauches der Kondensationsmaschine denen von Schleppern mit Auspuffmaschinen, die eine gleiche Kesselgröße haben, überlegen, wenn die Zugstärke in beiden Fällen gleichhoch ist. Mit der jetzt erfolgreichen Durchführung des der Konstruktion untergelegten Grundgedankens ist eine neue für den Hamburger Hafen geeignete wirtschaftliche Schlepperbauart geschaffen worden. [M 861] C.

Verhütung von Kesselsteinbildung auf Seeschiffen.

Seit etwa zwei Jahren hat man auf einigen englischen Schiffen einen besonderen Apparat zur Verhütung von Kesselsteinbildung im Betrieb eingeführt und mit ihm neuerdings auch auf deutschen Schiffen gute Erfahrungen gemacht. Mit dem Apparat wird dem Kessel gelöster, aus Leinsaat ausgezogener Pflanzenschleim zugeführt, wodurch alle Niederschläge des Kesselwassers verhindert werden, grobkristallinische Form anzunehmen und sich an den Metallteilen abzusetzen. Der Pflanzenschleim umhüllt alle Ausscheidungen des Kesselwassers und auch Ölteilchen, die sich im Wasser befinden, und sie fallen dann als lockerer, unschädlicher Schlamm auf den Boden des Kessels, von wo sie von Zeit zu Zeit entfernt werden müssen. Auf älteren, vor Anwendung des Apparates festgesetzten Kesselstein wirkt der Pflanzenschleim dadurch lösend, daß er in die Haarrisse des Kesselsteines eindringt und ihn auseinandersprengt, so daß er gleichfalls zu Boden sinkt.

Der „Filtrator" genannte Apparat, Abb. 5 bis 10, besteht aus einem zylindrischen gußeisernen Gehäuse, das außen mit einer

Abb. 5 und 6. Anbringung des Filtrators.

Anzahl Kühlrippen versehen ist, Abb. 8. Oben ist eine Zuführungsöffnung, die durch ein isoliertes Rohr mit dem Dampfraum des Kessels verbunden ist, Abb. 5 und 6; unten befinden sich zwei Abführungsöffnungen, von denen nicht isolierte Rohre in den Wasserraum des Kessels führen, und zwar nach Stellen, wo eine heftige Wasserbewegung zu erwarten ist. In dem Gehäuse befindet sich ein siebartig durchlöcherter Eisenzylinder, Abb. 9 und 10, der bis zu etwa ⁵/₆ seiner Höhe mit Leinsaat gefüllt ist; oberhalb der Leinsaat befindet sich noch eine dünne Schicht Soda. Durch den Einsatz läuft in der Mitte ein senkrechtes, gleichfalls siebartig durchlöchertes Rohr. Der oben in das Gehäuse eintretende Dampf dringt durch die Wände und durch das Mittelrohr in die Leinsaat ein und laugt sie aus. Durch die abkühlende Wirkung der Außenrippen wird dem Apparat, der an einem der Außenluft zugängigen Ort aufgestellt wird, Wärme entzogen. Der Dampf wird ständig in Wasser verdichtet, das mit dem Pflanzenschleim dem Kessel wieder zufließt. Nach etwa zwei Tagen wird der Einsatz durch den inzwischen mit neuer Leinsaat gefüllten Reserveeinsatz ersetzt, was innerhalb kurzer Zeit nach Abschließen der Ventile in den Rohrleitungen geschehen kann. Sorgfältige Untersuchungen haben gezeigt, daß die ausgelaugte Leinsaat den gleichen Ölgehalt wie frische hat, daß also die dem Kessel zugeführte Mischung völlig ölfrei ist.

Abb. 7. Aufhängung des Zuführungsrohres zwischen den Feuerbüchsen.

Abb. 8. Ansicht des Filtrators.

Abb. 9 und 10. Leinsaatbehälter

Die Erfahrungen mit dem Filtrator sind auf den englischen Schiffen nach über zweijährigem Betriebe vorzüglich gewesen. Der Dampfer „City of Cambridge" hat Reisen von 18monatiger Gesamtdauer nur mit Salzwasserzusatzspeisung durchgeführt und ist dann in verschiedenen Häfen von Sachverständigen besichtigt worden, die durchweg anerkannt haben, daß sich die Kessel in tadellos reinem Zustande befanden. Man läßt im Betriebe den Salzgehalt im Kessel nach Möglichkeit nicht über 6 bis 7 vH steigen; wenn dieser Gehalt nahezu erreicht wird, muß der Kesselinhalt im nächsten Hafen erneuert oder frisches Zusatzspeisewasser verwendet werden. Für den Reedereibetrieb besteht der Vorteil des Filtrators vor allem darin, daß der Kessel ungleich mehr geschont wird, als wenn die gewöhnlichen Kesselsteinablagerungen eintreten. Wärmestauungen, die das Lockern der Rohre und damit das Lecken der Kessel verursachen, werden fast vollständig vermieden. Infolge von Kesselsteinbildung an den Heizrohren verringert sich die Leistungsfähigkeit von Schiffskesseln im Lauf der Jahre immer mehr und im Zusammenhang damit der Wirkungsgrad. Es sind Fälle bekannt geworden, wo nach 6- bis 8jähriger Betriebsdauer eine Neuberohrung der Kessel erforderlich war und dann zu einer Verminderung des Brennstoffverbrauches von 6 bis 8 vH führte; mit ähnlichen Zahlen ist bei der Verwendung des Filtrators zu rechnen. Eine Schiffahrtsgesellschaft hat den Filtrator vor allem eingeführt, um die älteren Kessel zu reinigen. Von Vorteil ist weiter die Unabhängigkeit von regelmäßiger Kesselreinigung, wodurch mancher Tag unwillkommener Liegezeit erspart werden kann. Die Beseitigung des durch Abblasen nicht ganz zu entfernenden Schlammes aus dem Kesselboden kann gelegentlich erfolgen und außerdem ist nur gelegentliches Ausbürsten des Kesselinnern erforderlich. Als letzter Vorteil kommt die Unabhängigkeit von der Frischwasserspeisung in Frage; hierdurch wird, vor allem bei langen Reisen, die Tragfähigkeit der Schiffe nicht unbeträchtlich vermehrt, da der tägliche Verbrauch an Zusatzspeisewasser bei Schiffsdampfmaschinen je nach Dichtigkeit der Anlage gewöhnlich 2 bis 5 vH des Kesselwassergewichtes beträgt. („Engineering" Bd. 117 vom 9. Mai 1924.) [M 990] C.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Einfluß der Steuerung auf die Leistung der Heißdampf-Lokomotiven. Von G. Strahl. Hannover-Linden 1924, Hanomag-Nachrichten-Verlag G. m. b. H. 106 S. m. 36 Abb. Preis geb. Gm. 3.

Die merkwürdige Tatsache, daß der Verzicht auf die doppelte Einströmung beim Kolbenschieber den Kohlenverbrauch der Heißdampflokomotive nicht ungünstig beeinflußt hat, hat Strahl zu einer Untersuchung veranlaßt, die wärmetheoretische Rechnung und Auswertung von Versuchsergebnissen in glücklicher Weise vereinigt. Seine Betrachtungen führen zur Aufstellung einer Linie, die er als Betriebscharakteristik bezeichnet und die für eine bestimmte Drehzahl gilt. Die Abszisse gibt die Leistung N_i für je 100 l Zylinderinhalt, die Ordinate den stündlichen Dampfverbrauch an.

Das erste wichtige Ergebnis ist, daß sich diese Linien für gleiche Drehzahlen und Kesselspannungen bei Lokomotiven mit verschieden großen Zylindern fast genau decken. Voraussetzung ist nur Steuerung mit dem gleichen Einheitskolbenschieber. Da unter sonst gleichen Verhältnissen der Druckabfall zwischen Schieberkastenspannung und der Dampfspannung im Zylinder bei Beginn der Dehnung bei größeren Zylindern größer ist, so muß der Führer, um die gleiche Leistung auf 100 l Zylinderinhalt zu erzielen, die Steuerung etwas weiter auslegen. Weder dieses Vergrößern der Füllung noch jener Druckabfall ist also schädlich, wie das erwähnte Zusammenfallen der Betriebscharakteristiken beweist. Gleichzeitig erklärt sich die Wirkung, die der Verzicht auf Doppeleinströmung beim Kolbenschieber hat. Er vergrößert den Druckabfall und zwingt daher zu etwas größerer Füllung. Die Wirkung ist also die gleiche wie die größerer Zylinder, d. h. sie ist unschädlich.

Eingehende Vergleiche zwischen Rechnung und Versuch an ganz verschiedenen Bauarten beweisen die Allgemeingültigkeit der Ergebnisse, die keineswegs mit der oben gegebenen Probe erschöpft sind, sondern sich weiter auf den Kohlenverbrauch, den Einfluß des Füllungsgrades und der Drosselung auf den Dampfverbrauch und die Belastungsgrenzen der Lokomotiven erstrecken. Manch dunkler Zusammenhang wird noch aufgeklärt, manche längst bekannte Tatsache erscheint in neuem Licht. Mit tiefem Bedauern besinnen wir uns darauf, daß der Verfasser nicht mehr unter den Lebenden weilt; er hätte seinen Fachgenossen gewiß noch vieles zu sagen gewußt. Vermutlich hätte er dem Anhang I noch eine etwas weniger unebene Fassung gegeben. Den Bearbeitern des Nachlasses und dem Deutschen Lokomotivverband gebührt unser Dank für die liebevolle Sorgfalt, mit der sie sich dieses Werkes angenommen und es für uns erhalten haben.

[E 884] J. Jahn.

Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn. Beiträge mit Benutzung amtlicher Quellen von Mitarbeitern im Bau und Betrieb der elektrischen Zugförderung der Deutschen Reichsbahn. Herausgegeben von Wilhelm Wechmann, Ministerialrat im Reichsverkehrsministerium. Berlin 1924, R. Otto Mittelbach (Rom-Verlag). 462 S. m. 662 Abb. Preis geb. Gm. 65.

Wer sich bisher über die Zugförderung auf den elektrischen Vollbahnstrecken der Deutschen Reichsbahn unterrichten wollte, mußte zu den in den verschiedensten Zeitschriften abgedruckten Veröffentlichungen greifen, ohne jedoch alles finden zu können; damit war auch einer Weiterentwicklung und Weiterbildung des Einzelnen und seiner früheren oder späteren Mitwirkung an dem Ausbau bestehender Pläne ein gewisses Hindernis bereitet. Diesem Mangel ist durch das vorliegende Buch gründlich abgeholfen. Denn es faßt alles auf dem Gebiete Wissenswerte in erschöpfendem Umfange zusammen und bietet vornehmlich dem entwerfenden Ingenieur die willkommene Gelegenheit, festzustellen, nach welchen Gesichtspunkten in dem zurzeit geltenden Rahmen die Einzelheiten ausgestaltet und ausgeführt worden sind. Sogar der Spezialist empfängt wertvolle Winke, wiewohl er natürlich nicht verlangen darf, daß er bis in die äußersten Einzelheiten der Konstruktionen gehende Klarheit gewinnen kann. Denn dann müßte das Buch den zehnfachen Umfang haben. Es ist auch im Vorwort ausdrücklich ausgesprochen, daß ein „Überblick über den elektrischen Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn nach dem Stand zu Beginn des Jahres 1924" gegeben wird. Auch dem Konstrukteur muß es auf den Überblick in erster Linie ankommen. Denn er soll ja an der Hand des Buches zur weiteren Verbesserung beitragen, indem er seine eignen Wege unter bester Berücksichtigung der in reichem Maße dargebotenen Erfahrungen weiter verfolgt. Und hierzu findet er im Buch vielerlei Anregungen.

Es war ein glücklicher Gedanke des Herausgebers, an der Abfassung der einzelnen Abschnitte die berufenen und wohlbekannten Fachleute federführend zu beteiligen. Auf diese Weise ist im ganzen eine hervorragende Zusammenziehung des Inhalts erreicht, wenn auch manchmal eine Wiederholung in andrer Form mit unterläuft. Jeder der Beteiligten hat sich bestens bemüht, wie bei einer Tagung zu einer Versammlung von Fachleuten zu sprechen. Daß hierbei nur die Ingenieure der Staatsbahn mitwirkten, ist richtig, weil bei einer Beteiligung der Industrie doch vielleicht die Länge und Ausstattung der einzelnen Teile des Werkes unter der Wirkung des Konkurrenztriebes gar zu verschieden voneinander ausgefallen wären.

Im großen ganzen sind die Abschnitte folgerichtig aneinandergereiht. So haben wir nach den beiden einleitenden Abschnitten über die volkswirtschaftliche Bedeutung sowie über den Umfang des elektrischen Zugbetriebes die Abschnitte der Energieerzeugung, der Fortleitung der Energie (Fernleitung, Unterwerke, Verteilung, Unterhaltung), der Stromabnahme (Bauarten, Errichtung, Unterhaltung und Nachbarbauwerke der Fahrleitung) und der elektrischen Lokomotiven (Leistung, Bauweise, Untersuchung, Betrieb, Bremsung, Übersetzungsgetriebe und elektrische Zugheizung). Die unter dem siebenten Abschnitt behandelte Einwirkung des Bahnstromes auf Fernmeldeleitungen und Lichtleitungen, ein an sich sehr interessanter Abschnitt und für die Allgemeinheit von besondrer Bedeutung, ist ein Abschnitt, der zunächst sinngemäß den Schluß für den ersten Teil des Werkes betreffend die Lokomotivbahnen zu bilden scheint. Er gehört aber eigentlich an eine spätere Stelle. Es folgt ein achter Abschnitt, Stadt- und Vorortbahnen, und ein neunter, Unterhaltung und Ausbesserung der elektrischen Lokomotiven.

Von seiten der eingeweihten industriellen Hersteller muß mit großer Befriedigung anerkannt werden, welche umfassenden Pläne hier in bezug auf Unterhaltung aller Teile der Lokomotiven gefaßt sind und mit welcher Sorgfalt das frühere Schmerzenskind nunmehr gepflegt werden wird. Die Durchführung dieses gesunden Grundsatzes größerer Aufwendungen nach dieser Richtung wird in einer starken Minderung der Betriebkosten später seinen Lohn finden. Die Einverleibung eines besonderen Abschnittes hierfür in das Buch ist ein Zeichen dafür, daß in den Kreisen der geistig führenden deutschen Volksgemeinschaft die deutsche Großzügigkeit und Gründlichkeit trotz der finstern Zeiten nichts an Kraft eingebüßt hat.

Der achte Abschnitt behandelt die Stadt- und Vorortbahnen. Man fragt sich unwillkürlich, welche Bahnen in den vorherigen Abschnitten in Frage gekommen sind, und findet die Antwort in der Tatsache der Benutzung von elektrischen Lokomotiven für Fernbahnen im Gegensatze zum Gebrauche von elektrischen

Triebwagen für Stadt- und Vorortbahnen. Es könnte so scheinen, als wenn diese Betriebsweise schon etwas gewöhnlicher wäre und die Erörterung ihres Ausbaues nicht die Bedeutung hätte wie die der andern technischen Teile. Aber man darf nicht außer acht lassen, daß eine Menge neuer Aufgaben, die mit der riesigen Ausdehnung des Verkehrs und Verkehrsnetzes in Zusammenhang stehen, der befriedigenden Lösung zuzuführen sind. Man findet sich nicht getäuscht, wenn man die einzelnen Teile des Abschnittes 8 liest, und stellt fest, daß er in Bedeutung und Behandlung den andern Abschnitten nichts nachgibt. Teil 1 enthält die Begründung für die Einrichtung des elektrischen Zugbetriebes auf den Berliner Bahnen, Teil 2 Entwicklung des Netzes und Verkehrs; dann folgen die Stromverteilung, Stromschienenanlage, die Hamburger Stadt- und Vorortbahnen und die Triebwagen für die Berliner Gleichstrom- und die Hamburger Wechselstrombahnen. Abschnitt 10 und 11 betreffen die Ausbildung des Personals sowie die Beleuchtung und Kraftversorgung der Bahnanlagen.

Im Schlußabschnitt 12 ermittelt der Herausgeber, daß der Betrieb auf Strecken mit elektrischer Zugförderung eine gute Verzinsung des Anlagekapitals hervorbringt. Anhänger des Dampfbetriebes werden natürlich bestimmt behaupten, daß dabei die Dampflokomotiven zu schlecht weggekommen sind. Das darf nicht weiter peinlich berühren. Die Zukunft wird beweisen, daß da, wo die für den Bahnbetrieb sonst nicht brauchbare Kohle zur Erzeugung elektrischer Energie verwendet wird, elektrischer Zugbetrieb zum Vorteil der Allgemeinheit durchgeführt werden kann und die gemachten Aufwendungen sich lohnend verzinsen. Also werden die Anstrengungen und Leistungen der an der Herausgabe des Buches unmittelbar und mittelbar beteiligten Fachleute auch nicht nur jetzt, sondern auch in weiterer Zukunft ihre volle verdiente Anerkennung finden. Man kann nur wünschen, daß dies in demselben Maße der Fall sein möge, wie hier auf dem zweiten Blatt des Buches geschehen ist, wo einem Verstorbenen, dem ersten Dezernenten für elektrische Zugförderung, in echt geistig-kameradschaftlichem Sinne das Monument errichtet ist: „Dem Andenken an Gustav Wittfeld gewidmet".

In dem beschränkten Umfang einer Buchbesprechung ist es gar nicht möglich, auch nur auszugsweise den Inhalt wiederzugeben. Man kann nur andeuten, daß das Buch, das in der Weltliteratur seinesgleichen nicht hat, mit seinem Text, seinen vielen Tabellen und Abbildungen, für den Fachmann eine wahre Fundgrube für die Darstellung aller Erzeugnisse ist, die bei elektrischer Zugförderung mit einphasigem Wechselstrom Verwendung finden und ebenso bei Triebwagen für Gleichstrom von 800 V und dritte Schiene. Daher wird das Buch, ohne daß es Anspruch darauf erhebt, ein Lehrbuch zu sein, doch ein unentbehrliches Unterrichtsmittel für Verkehrsmaschineningenieure und Elektroingenieure werden und längere Zeit bleiben.

[E 852] W. Reichel.

Schiffsölmaschinen. Von Dipl.-Ing. Dr. Scholz. 3. verb. u. verm. Aufl. Berlin 1924, Julius Springer. 270 S. m. 188 Abb. Preis ℳ 13.50.

Die dritte Auflage dieses Buches ist wesentlich erweitert und trägt dadurch allen Neuerungen der letzten Jahre auf dem Gebiete der Schiffsölmaschinen Rechnung. Außer der Erweiterung der Kapitel der zweiten Auflage sind neu die Kapitel über Leistungserhöhung von Viertakt-Ölmaschinen, kompressorlose Ölmaschinen und Ölmaschinen mit Übersetzungsgetriebe aufgenommen. Besonders wertvoll sind die Ausführungen des Verfassers dadurch, daß er bei den meisten Kapiteln eine Reihe praktischer Erfahrungen angibt. Sehr lesenswert ist das Kapitel über Wirtschaftlichkeit der Ölschiffe, worin der Verfasser an der Hand von Vergleichsfahrten von Dampfschiffen und Ölschiffen die große wirtschaftliche Überlegenheit des Ölschiffes zahlenmäßig belegt. Erwünscht wäre, wenn einige Unrichtigkeiten, besonders im Kapitel Zylinderanordnung, bei einer Neuauflage berichtigt würden. Die Gliederung des Stoffes und die Darstellung sind ausgezeichnet. Der Verlag hat durch vorzüglichen Druck und gutes Papier sein Bestes zur Ausstattung des Buches getan. Das Buch ist über den Rahmen eines Handbuchs für Schiffsingenieure und Seemaschinisten hinaus auch allen Ölmaschinenbauern zu empfehlen.

[E 1022] Gg. Mangold.

Die Verfeuerung der Mineralkohlen und die Aufbereitung der Feuerungsrückstände. Von Hermann Donath. Dresden und Leipzig 1924, Steinkopf. Preis geh. Gm. 3.50.

Es ist begrüßenswert, daß mit dieser Schrift einmal versucht wird, die chemischen Grundlagen der Verfeuerung klarzustellen und daraus für die Praxis wichtige Schlüsse zu ziehen, da die Verbrennungsvorgänge, so lange sie schon geübt werden, in ihrem Verlauf kaum bekannt sind. Die Chemie der Brennstoffe hat bei dieser Betrachtung natürlich eine grundlegende Bedeutung, aber man kann sich beim Lesen der Schrift nicht ganz des Bedenkens erwehren, daß in dieser Hinsicht teilweise zu große Anforderungen an den Leser gestellt und die chemischen Grundlagen teilweise zu weitläufig behandelt werden. Anderseits bringt die Schrift zu viel Altbekanntes, ohne es mindestens neu zu beleuchten, und der Gegenstand ist zu wenig einheitlich behandelt. Einzelne Fragen mehr untergeordneter Natur sind herausgegriffen und eingehend dargelegt, wie z. B. der von Burian stammende Abschnitt über Autooxydation und Selbstentzündung u. a. m., ohne daß das dort Gesagte zu praktischen Nutzanwendungen verdichtet und mit dem ganzen Stoff harmonisch verknüpft wäre. In dieser Hinsicht bringt auch der Abschnitt über die Wiedergewinnung des Verbrennlichen in den Rückständen nur eine Wiederholung des in letzter Zeit über diesen Gegenstand mehrfach Ausgeführten, ohne Neues zu bieten. Offen gesprochen hätte man von dem verdienten Verfasser mehr erwarten dürfen. Als ein bemerkenswerter Versuch, die chemischen Grundlagen der Verfeuerung dem Praktiker zu vermitteln, ist das Büchlein aber sehr zu begrüßen.

[E 873] Tr.

Rüstungsbau. Von Prof. G. Kirchner. Berlin 1924, Wilh. Ernst & Sohn. 232 S. mit 486 Textabb. Preis geh. Gm. 13,50, geb. Gm. 15.

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, eine wissenschaftlich geordnete Darstellung des Gesamtgebietes des Rüstungsbaues zu geben. Er will also entsprechend seinem Vorwort nicht nur eine Aufzählung ausgeführter Rüstungen bringen, sondern organisch die Grundsätze für die Gesamtausbildung, die baulichen Einzelheiten und ihre Zusammenfassung zu Bauteilen und ganzen Ausrüstungen veranschaulichen. Das Buch gliedert sich dementsprechend in vier Abschnitte. Im ersten behandelt Kirchner die zu verwendenden Baustoffe. Er geht eingehend auf die technischen Eigenschaften von Holz und Eisen ein. Die Vor- und Nachteile eiserner und hölzerner Rüstungen werden scharf herausgearbeitet. Eisen kommt nur für oft wiederverwendbare Rüstungen in Frage. Holz wächst meist in der Nähe, aber eiserne Rüstungen gestatten eine genaue rechnerische Verfolgung aller Beanspruchungen, der Formänderungen usw.

Die bis auf die Schrauben und Unterlagscheiben noch recht mangelnde Normung, auch in baupolizeilicher Beziehung, macht sich in der Fülle der dargestellten baulichen Einzelheiten und in den einzelnen Baugliedern bemerkbar. Auf die Tragwerke, die einfachen und verdübelten Träger, die Sprengwerke folgen die verschiedensten Unterstützungsformen. Schwellenstapel von 37 m Höhe bei einem Lehrgerüst der Steyrlingbrücke der Linie Klaus-Selzthal, Böcke, Pfahljoche usw. gelangen zur Darstellung. Wieder und wieder weist der Verfasser mit Recht auf die Grundsätze hin, Drücke senkrecht zur gedrückten Faser zu vermeiden, bei Hirnholz auf Hirnholz Blechzwischenlagen nicht zu vergessen.

Der zweite Abschnitt bringt die Rüstungen für eiserne Brücken, getrennt nach den eigentlichen Aufstellgerüsten und denjenigen für die Quer- und Längsverschiebung, sowie die Ausrüstung von Schiffen für das Einschwimmen eiserner Brücken. Rüstungen für Brücken mit den verschiedensten Untergrundformen und Hängebrücken, Quer- und Längsverschiebungsrüstungen mit und ohne Unterstützung des vorderen Brückenendes sowie Hängerüstungen für Stellen, wo eine Abstützung nach unten nicht möglich ist, füllen diesen Abschnitt.

Der am meisten bemerkenswerte Teil ist der dritte. Hier werden die Lehrgerüste gewölbter Brücken behandelt. Nach einer theoretischen Darstellung der rechnerischen Grundlagen folgt die bauliche Ausbildung der Einzelglieder und alsdann eine Unmenge der fesselndsten Beispiele ausgeführter Normalstreben-, Pfosten-, Sprengwerks-, Fachwerksbogen-Lehrgerüste usw. Man sieht sich organisch entwickeln, wie die Leibungsdrücke bei den kunstvollen Bauten des Langwieser Viaduktes der Bahn Chur—Arosa oder des Wiesener Viaduktes der Linie Davos—Filisur oder der Pérollesbrücke bei Freiburg aufgenommen werden, wie die Aufstellung dieser Meisterwerke des Rüstungsbaues bei bis zu 100 m Spannweite und 60 m Höhe vor sich ging. Es schließen sich praktische Bemerkungen über die Ausführung, das Abschnüren, Überhöhen und Ausrüsten an.

Der letzte Teil des Buches behandelt verhältnismäßig kurz die Hilfs- und Arbeitsgerüste. Vielleicht wäre es zweckmäßig, bei einer Neuauflage hier noch etwas mehr zu bieten. Es sei nur erinnert an die Arbeitsgerüste für Gußbeton, für die Spülkippen, die Aufstellung von hohen Lokomobilschornsteinen, von Turmdrehkranen bei Sperrmauern u. a. m.

Im ganzen gesehen, vermißt man hier und dort die für den Baupraktiker so wichtigen wirtschaftlichen Zahlen. Der Verfasser beschränkt sich ganz und gar auf die technischen Lösungen. Es wird da allerdings eine unendliche Fülle von Wissenswertem aus der Praxis geboten. Für jeden Zweck dürfte der Leser wohl ein Beispiel finden, ohne mühselig im Handbuch für Eisenbeton, Kersten: Brücken in Eisenbeton, Melan: Der Brückenbau usw. das dürftige dort Verstreute zusammensuchen zu müssen. Das Buch ist zweifellos geeignet, eine bestehende Lücke auszufüllen und kann zum Studium warm empfohlen werden.

[E 773] Dr. Georg Garbotz.

Leitsätze für die Wartung der Gießereischachtöfen (Kupolöfen). Aufgestellt von Joh. Mehrtens. Berlin 1924, Selbstverlag. Preis Gm. 1.50.

Das beachtenswerte Blatt, auf dem der Verfasser und Herausgeber in 20 kurzen Leitsätzen alles Wichtige zusammengefaßt hat, was beim wirtschaftlichen Kuppelofenbetrieb zu beachten ist, stellt einen glücklichen Versuch dar, die Ergebnisse wissenschaftlicher

Forschung den Betriebsbeamten in leicht verständlicher Form zugänglich zu machen. In diesem Sinn ist dem Blatt eine recht weitgehende Verbreitung nur zu wünschen. [E 999] Lhs.

Allgemeine Geldlehre. Von Prof. Dr. Ernst Wagemann. Bd. 1: Theorie des Geldwerts und der Währung. Berlin 1923, Hans Robert Engelmann. 367 S. Preis Gm. 9.

Von den drei Grundanschauungen über das Geld: Symbolismus, Metallismus und Nominalismus ausgehend, kommt Wagemann zur Behandlung des Problems des Geldwertes. Das Geld habe keinen inneren Wert, wie die Metallisten annehmen, sondern nur einen Reflexwert nominalistischer Natur. „Geld ist Träger von Werteinheiten mit allgemeiner und bedingter Zahlungskraft." Dies ist eine durchaus nominalistische Definition des Geldes, die der Auffassung Knapps vom Geld als Träger von Werteinheiten sehr nahe steht. Doch betrachtet Wagemann die Werteinheit nicht nur juristisch als Einheit der Geldschulden, sondern auch als Einheit des Preises. Damit versucht er, die nur juristische Definition Knapps auf das wirtschaftliche Gebiet des Marktes zu erweitern. In diesem Zusammenhang steht das quantitative Geldproblem, der Zusammenhang zwischen Geldmenge und Preisstand im Mittelpunkt der Betrachtung. Dies erfordert eine eingehende Behandlung der Quantitätstheorie. Der Verfasser konstruiert schließlich eine geistvolle Bilanztheorie des Preises, wonach der absolute Preisstand durch das Geldeinkommen und den Nutzertrag der Wirtschaft bestimmt ist.

Entsprechend dieser „Bilanztheorie" des Preises wird dann in der „Theorie der Währung" die heutige Geldverfassung als eine Bilanzverfassung gekennzeichnet. Sie ist das Ergebnis einer Entwicklung von der Merkantilverfassung über die Chartalverfassung des Geldes. Innerhalb dieser Bilanzverfassung ist die frühere Herrenstellung des Geldstoffes fast völlig beseitigt worden; allein die Kreditverhältnisse sind jetzt für den Geldwert entscheidend. Bei der Darstellung der Geldverfassungen und der Währungen verarbeitet der Verfasser eine große Fülle historischer und statistischer Angaben. Auch die währungspolitischen Maßnahmen der Staaten während und nach dem Kriege werden eingehend behandelt. Das Buch schließt mit einer Theorie der Wechselkursgestaltung, die wohl in mancher Beziehung Widerspruch hervorrufen wird. Der Verfasser stellt sich hier in der Hauptsache auf den Boden der Zahlungsbilanztheoretiker und verkennt die tieferen Zusammenhänge zwischen inländischer Preislage, Zahlungsbilanz und Wechselkurs.

Das Buch Wagemanns überschreitet den Rahmen einer allgemeinen Geldlehre und ist eine geistvolle Bilanztheorie der Wirtschaft. Man darf mit Spannung den zweiten Band, der die Darstellung des wirtschaftlichen Kreislaufes, der Kredit- und Emissionspolitik enthalten soll, erwarten. [E 932] Dr. Karl Schaal.

Entropie des Wasserdampfes in elementarer Ableitung. Von Fritz Bürk. Leipzig 1924, Otto Spamer. 47 S. m. 11 Abb. Preis Gm. 2.

Beihefte zum Gesundheits-Ingenieur Reihe 1, Beiheft 19, November 1924: **Der Wärmeübergang an einer ebenen Wand.** Von Walter Jürges. München-Berlin 1924, R. Oldenbourg. 52 S. m. 27 Abb. Preis Gm. 3.60.

Gasgeneratoren und Gasfeuerungen. Ein Hilfsbuch f. d. Bau und Betrieb v. Gaserzeugern. Von Hubert Hermanns. 2. verb., erg. u. erw. Aufl. Halle 1924, Wilhelm Knapp. 352 S. m. 370 Abb. Preis geh. Gm. 13.50, geb. Gm. 15.20.

Metallhüttenbetriebe Bd. 4: **Zinn-Wismut-Antimon.** Bearb. von Wilhelm Borchers. Halle 1924, Wilhelm Knapp. 188 S. m. 113 Abb. Preis Gm. 12.50.

Die Entwicklung der Gleisrückmaschinen und das maschinelle Gleisrücken. Von K. Eduard Schmidt. Stuttgart 1925, Konrad Wittwer. 87 S. m. 125 Abb. Preis Gm. 5.

Der Eisenbetonbau. Seine Theorie u. Anwendung. Herausg. v. E. Mörsch. 5. vollst. neubearb. u. verm. Aufl. Bd. 2. Lfg. 2. Stuttgart 1924, Conrad Wittwer. S. 161 bis 320, Abb. 224 bis 420. Preis Gm. 9.

Electrical Measuring Instruments. By C. V. Drysdale and A. C. Jolley. London 1924, Ernest Benn Ltd. 475 S. m. 437 Abb. Preis 55 s.

1) The Rectification of Circular Arcs. 2) The Connecting Rod and Crank Mechanism and its Inertia Forces. 3) The Geometry of the Screw-Propeller. Von C. P. Holst. Leiden 1924, E. J. Brill. 1) 25 S. m. 10 Abb. 2) 82 S. m. 24 Abb. 3) 71 S. m. 14. Abb.

Die Methoden der theoretischen Physik. Von Felix Auerbach. Leipzig 1925, Akademische Verlagsgesellschaft. 436 S. m. 150 Abb. Preis Gm. 13.

Die neue deutsche Reichsbahn-Gesellschaft. Ihr Aufbau und ihr Wirken. Von Adolf Sarter u. Theodor Kittel. Berlin 1924, Verlag für Politik u. Wirtschaft. 325 S. Preis Gm. 8.50.

Kohlengeologie der Oesterreichischen Teilstaaten. Von Wilhelm Petrascheck. T. 1. Wien 1922/24, Verlag für Fachliteratur G. m. b. H. 212 S. m. 124 Abb. u. versch. Taf. Preis Gm. 24.

Bibliothek des Radio-Amateurs. Herausg. v. Eugen Nesper. Bd. 11: **Der Niederfrequenz-Verstärker.** Von O. Kappelmayer. Berlin 1924, Julius Springer. 76 S. m. 36 Abb. Preis Gm. 1.65.

Der internationale Rechtsschutz der Patente, Muster, Warenzeichen u. des Wettbewerbes. Von Albert Marck. Berlin 1924, Julius Springer. 129 S. Preis geh. Gm. 4.80, geb. Gm. 5.70.

Die Neureglung des Steuerstrafrechts und Steuerstrafverfahrens. Von Dr. H. Heinrich. Berlin 1924, Späth & Linde. 90 S. Preis Gm. 3.

Meyers Lexikon. 7. Aufl. Bd. 1. A bis Bechstein. Leipzig 1924, Bibliographisches Institut. 1655 S. m. rd. 5600 Abb. u. 1000 Taf. Preis Gm. 30.

Ernst Voß. Lebenserinnerungen u. Lebensarbeit des Mitbegründers der Schiffswerft v. Blohm & Voß. Herausg. v. Georg Asmussen. Berlin 1924, Carl Flemming u. C. T. Wiskott A.-G. 112 S. Preis Gm. 2.10.

„Freie Bahn dem Tüchtigen" lautete ein Schlagwort der letzten Jahre; daß im vorigen Jahrhundert bei Deutschlands Aufstieg dieses Wort wohl noch mehr am Platze war, beweisen die Lebenserinnerungen des Dorfschmiedsohnes Ernst Voß, der 1876 zusammen mit Hermann Blohm die Werft von Blohm & Voß gegründet hat. Es ist bewundernswert, wie sich Voß auf seinem Lebensweg emporgerungen hat, und man liest das Werk, dessen Herausgabe der Lebende vielleicht nicht unbedingt zugestimmt hätte, mit großem Genuß.

Handbuch der Radiologie. Herausgeg. v. Erich Marx. Bd. 4: **Die Theorien der Radiologie.** Leipzig 1925, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 806 S. m. 141 Abb. Preis Gm. 40.

Hochschul-Kalender der Natur- und Ingenieurwissenschaften. Herausgeg. von H. Degener, Dr. Harm und F. Scharf. 2. Ausg. Wintersemester 1924/25. Leipzig und Berlin 1924, Verlag Chemie und VDI-Verlag. 517 S.

Wie der Name sagt, bietet der Hochschulkalender in ganz neuartiger Weise ein übersichtliches Nachschlagebuch über alle Vorträge, die an Universitäten und Hochschulen Deutschlands und den angrenzenden außerdeutschen Hochschulen über Technik und Naturwissenschaft gehalten werden. Die zweite Auflage ist bereits verbessert. Man kann dem Unternehmen nur eine günstige Weiterentwicklung in Aussicht stellen.

Industrievolk. Volk im Werden. Schriftenreihe der Rhein-Mainischen Volkszeitung. Von E. Rosenstock. Frankfurt a. M. 1924, Carolus-Druckerei. 54 S. Preis Gm. 0.90.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß. in Vertr. K Meyer Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
NR. 6 SONNABEND, 7. FEBRUAR 1925 BD. 69

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 168.

Neuzeitliche Energiewirtschaft.

Von H. v. Glinski, Chemnitz[1].

Grundlagen, Mittel, Stand und Entwicklungsrichtung der neuzeitlichen, von der Elektrotechnik beherrschten Energiewirtschaft werden in zusammenfassender Übersicht behandelt. Angaben über die wichtigsten Energievorräte der Erde: Wasserkräfte und Kohlenlager, die verfügbaren Mengen, ihre Ausnützung und ihr Verhältnis zu kosmischen Energien. Leitende Gesichtspunkte für den Bau und den Betrieb von Wasser- und Wärmekraftwerken. Elektrische Anlagen für die Energieverteilung über weite Bezirke, Bau ihrer Hauptbestandteile, Aufgaben der Betriebführung.

Den Gegenstand dieser Arbeit sollen die Energien bilden, die nach Meterkilogrammen, Kilowattstunden oder Kalorien gemessen werden können, die eine wesentliche Grundlage des heutigen gewerblichen Lebens bilden und deren Bewirtschaftung eine bedeutsame Aufgabe der Ingenieure darstellt. Die eben genannten sind für die Menschheit nicht die einzigen wesentlichen Energien. Andere Energien, die sich nicht in Kilowattstunden messen lassen, in erster Linie der erfinderische Geist des Menschen, der vorwärts drängende Wille der Menschheit, die Triebkräfte der technischen und gewerblichen Entwicklung, diese im Geist und im Herzen der Menschen wohnenden Energiequellen sind von gewaltiger Bedeutung auch für die Berufsarbeit des Ingenieurs. Die Ingenieure und nicht zum wenigsten die deutschen Ingenieure, wenden der Bewirtschaftung dieser Energie sorgsamste Aufmerksamkeit zu. Wenn ich darauf auch nicht weiter eingehen will, so wollte ich diesen Gesichtspunkt doch nicht unerwähnt lassen.

Die neuzeitliche Energiewirtschaft ist in wichtigen Zweigen in erster Linie Aufgabe des Elektroingenieurs. Durch die Elektrotechnik hat die Energiewirtschaft eine völlige Umgestaltung erfahren. Die Grenze der mechanischen Energiewirtschaft ohne Elektrizität reichte nur so weit, wie Wellen, Riemen und Seile, äußerstenfalls Leitungen für Dampf- und Druckwasser reichen. Die zweckmäßige Ausgestaltung der Einzelanlagen war daher die Aufgabe der Energiewirtschaft. Durch die Hochspannungsleitungen ist heute die Reichweite einer einheitlichen Energiewirtschaft gegenüber der ausschließlichen Verwendung mechanischer Energieformen gewaltig ausgedehnt. Die Ziele und Aufgaben der Energiewirtschaft beschränken sich nicht mehr auf die einzelne Stelle für die Energieerzeugung und den Energieverbrauch, sondern richten sich auf die zweckmäßige Regelung der Energieversorgung weiter Bezirke. Die Energiewirtschaft ganzer Länder wird zusammengefaßt; man redet von der Sammelschiene eines ganzen Landes, dem Rückgrat seiner Energiewirtschaft. Heute wird Energie nicht nur in der Form der Kohle ein- und ausgeführt. Die Schweiz liefert elektrische Energie nach Frankreich und Deutschland, Norwegen will aus seinen Wasserkräften Dänemark und Teile von Norddeutschland versorgen. Die Bedeutung der Energiewirtschaft tritt immer deutlicher hervor. Angelsächsische Ingenieure haben im Sommer 1924 die Ingenieure der Welt zu einer Erörterung der Energiewirtschaft nach London zusammengerufen und damit die Bedeutung der Energiewirtschaft für das Leben aller Völker auf das deutlichste hervorgehoben.

Wenn ich in den nachfolgenden Ausführungen den Versuch unternehme, einen Überblick über das weite Feld der neuzeitlichen Energiewirtschaft zu geben, so muß ich mich auf die Erörterung einiger grundlegender Fragen beschränken, von der Besprechung von Einzelheiten absehen und kann nur gewissermaßen von einigen wenigen Aussichtspunkten allgemeine Überblicke zeigen.

Grundlagen der Energiewirtschaft.

Die Grundlage aller Energiewirtschaft ist die Sonnenwärme.

Zahlentafel 1 gibt einige Zahlen, die sich in erster Linie auf die Angaben des großen schwedischen Forschers Svante Arrhenius gründen[2]). In Kalorien ist angegeben, wieviel die Sonne in einem Jahr an Wärme ausstrahlt, wieviel davon die Erde mit ihrer Lufthülle aufnimmt, wieviel von dieser Wärme aus den Wasserläufen nutzbar gemacht werden könnte, wie groß der Wärmegehalt der Erdvorräte an fossiler Kohle ist und wieviel davon im Jahr verbrannt wird. Es ist schwer, sich aus diesen großen Zahlen, an die wir trotz der Inflation noch nicht gewöhnt sind, ein Bild zu machen. Ich habe daher einige Umrechnungen vorgenommen. Die Sonne straht mehr als 2 Milliarden mal soviel aus, wie die Erde auffängt. Die von der Erde aufgefangene Sonnenwärme könnte in 95 s das leisten, was alle verfügbaren Wasserkräfte der Erde in einem Jahr hergeben können, in 11 Tagen das, was in den uns bekannten Vor-

Zahlentafel 1.

Kosmische Energien, nach Svante Arrhenius

Jahres-Gesamtstrahlung der Sonne	$3 \cdot 10^{30}$ kcal.
„ Strahlung der Sonne zur Erde einschl. Lufthülle	$1330 \cdot 10^{18}$ „
„ Ertrag der nutzbaren Energie der Flüsse	$4 \cdot 10^{15}$ „
„ Ertrag der verbrannten Kohle	$10 \cdot 10^{15}$ „
Gesamtenergie der vorhandenen foss. Kohle	$44 \cdot 10^{18}$ „

$$\frac{\text{Gesamte Sonnenstrahlung}}{\text{Zur Erde gelangende „ „}} = \frac{3 \cdot 10^{30}}{1330 \cdot 10^{18}} = 2{,}26 \cdot 10^{9}$$

Die Gesamtstrahlung der Sonne deckt in 1 s

das $\frac{3 \cdot 10^{30}}{44 \cdot 10^{18} \cdot 365{,}25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 2160$ fache des gesamten Energiebetrages der vorhandenen fossilen Kohle.

Die von der Erde aufgefangene Sonnenstrahlung könnte leisten

den Jahresenergiebetrag der nutzbaren Flußenergie

$$\text{in } \frac{4 \cdot 10^{15}}{1330 \cdot 10^{18}} \cdot 365{,}25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 95 \text{ s},$$

den Jahresenergiebetrag der verbrannten Kohle

$$\text{in } \frac{10 \cdot 10^{15}}{1330 \cdot 10^{18}} \cdot 365{,}25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 240 \text{ s},$$

den gesamten Energiebetrag der vorhandenen fossilen

$$\text{Kohle in } \frac{44 \cdot 10^{18}}{1330 \cdot 10^{18}} \cdot 365{,}25 = 11 \text{ Tagen},$$

die Jahresstromlieferung der Elektrowerke A.-G. von 1923 gleich 1,3 Milliarden kwh

$$\text{in } \frac{1.3 \cdot 10^{9} \cdot 860}{1330 \cdot 10^{18}} \cdot 365{,}25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = \frac{1}{38} \text{ s}.$$

[1]) Vorgetragen im Elektrotechnischen Verein, Chemnitz.

[2]) s. a. Z. Bd. 65 (1921) S. 1243.

räten der Erde an fossiler Kohle an Wärme enthalten ist. Wie klein sind alle menschlichen Werke und Schätze im Vergleich zu den kosmischen Energien! Die Sonne strahlt in einer Sekunde mehr als das 2000fache derjenigen Energie aus, die, soweit wir es heute wissen, in den fossilen Kohlen der Erde verwertbar ist. Unser Milchstraßensystem allein aber umfaßt über 100 Millionen Sonnen. Es hat keinen Zweck, diese Zahlen noch weiter auszuspinnen, immerhin tut es wohl gut, wenn wir Menschen uns auch in dieser Richtung einmal vor Augen führen, wie die größten Vorräte unserer Energiewirtschaft nur ein kleines Stäubchen der Energien darstellen, die das Weltall durchfluten.

Kehren wir zu unseren menschlichen Maßstäben zurück! Das Wirtschaftsleben der führenden Kulturvölker ist heute in einer für die fernere Zukunft Besorgnis erregenden Weise auf den Verbrauch von Kohle gestellt.

Zahlentafel 2. Welt-Kohlenwirtschaft.

Land	Kohlenbesitz[1]) in Millionen t (bis zu 2000 m Tiefe)			Jahres-Förderung[2]) für 1913 in 1000 t	Bei jetziger Förderung Vorrat für Jahre
	Steinkohle	Braunkohle	zus.		
Europa:					
Deutschland vor dem Weltkrieg	410 000	13 400	423 000	273 000	1 550
Deutschland jetzt	a 305 000	b 13 400	318 000	—	a 1 000 b 90
Frankreich	16 000	1 600	17 600	40 000	440
Großbritannien	190 000	—	190 000	290 000	660
Rußland ...	58 000	1 700	60 000	35 400	1 700
Ganz Europa	747 000	37 000	784 000		
Amerika:					
Canada ...	286 000	948 000	1 234 000	13 400	92 000
Vereinigte Staaten ...	1 975 000	1 863 000	3 838 000	509 000	7 500
Südamerika	32 000	—	32 000	—	—
Ganz Amerika	2 294 000	2 812 000	5 106 000		
Asien:					
China.... .	995 000	—	995 000	13 600	73 000
Sibirien.. .	66 000	108 000	174 000	—	—
Indo-China	20 000	-	20 000	—	—
Indien	76 000	3 000	79 000	16 200	4 900
Persien ...	2 000	—	2 000	—	—
Ganz Asien:	1 168 000	112 000	1 280 000		
Australien u. Südsee-Inseln:					
Gesamt	134 000	36 000	170 000		
Ganz Afrika:	57 000	1 000	58 000		
Ganze Erde	4 400 000	2 998 000	7 400 000	1 324 000	5 600

Zahlentafel 2 gibt einen Überblick über den Kohlenbesitz und über die Kohlenförderung der Erde. Die Zahlen sind im wesentlichen für das Jahr 1913 angegeben, da neuere Zahlen teils nicht vorhanden und zuverlässig, teils nicht vergleichsfähig sind. Nur für Deutschland ist der Kohlenvorrat und der voraussichtliche Kohlenverbrauch auch nach dem heutigen Stande angegeben. Wir sehen, daß der heutige starke Verbrauch der Braunkohle Deutschland schon in weniger als 100 Jahren vor schwere Probleme stellen wird, wenn diese heute so wichtige Energiequelle ihr Ende erreicht haben wird. Die Zahlen zeigen ferner die gewaltige Überlegenheit Nordamerikas in dem Besitz an Kohle gegenüber allen andern Ländern der Erde. Beachtlich ist auch Chinas großer Kohlenreichtum. Die Kohlenvorräte der Erde, wie sie heute unter der Voraussetzung einer bisher nicht erreichten Fördertiefe von 2000 m geschätzt werden, würden auch dann schon in 5000 bis 6000 Jahren erschöpft sein, wenn die heutige Kohlenförderung nicht gesteigert würde. Diese Zahl gibt zweifellos Anlaß zu sehr ernsten Betrachtungen. Zahlentafel 3 bringt neuere Angaben von van Heys.

[1]) Nach der Schätzung des 12. internat. Geologenkongresses von 1913.
[2]) Nach dem Beitrag von Sir Richard Redmayne zur Weltkraftkonferenz.

Zahlentafel 3. Kohlenvorräte nach van Heys[3]).

Land	Kohlenvorrat in Milliarden t	
	nach Denkschriften für die Weltkraftkonferenz	geschätzt
Europa	1 067	1 100
Amerika	3 254	4 700
Asien	1 281	2 700
Australien	170	500
Afrika	63	1 800
ganze Erde	5 835	10 800

Zahlentafel 4 macht einige Angaben über die Wasserkräfte der Welt, über die weiße Kohle. Neuere Zahlen, ebenfalls von van Heys, sind in Zahlentafel 5 enthalten. Sie sind naturgemäß außerordentlich unsicher, weil für weite Gebiete nur Schätzungen vorliegen und auch genaue Messungen an Wasserkräften für die Verwertbarkeit sehr verschieden gedeutet werden können. Man findet vielfach wesentlich andre Zahlen für den Vorrat an Wasserkräften. Auch aus dieser Abbildung tritt die starke Überlegenheit Amerikas hervor. Deutschland ist in der Ausnutzung seiner Wasserkräfte andern Ländern gegenüber sehr vorangeschritten. Fast die Hälfte seiner verfügbaren Wasserkräfte ist ausgebaut. Die Schätzungen der Wasserkräfte für die gewerblich noch wenig erschlossenen Länder, z. B. für Asien, sind naturgemäß überaus unsicher. Auch die Angaben für Rußland dürften kaum ganz verläßlich sein. Es ist dabei zu bemerken, daß etwa drei Viertel der für Rußland angegebenen Wasserkräfte im Kaukasus liegen sollen. Bedeutsam ist der große Reichtum an Wasserkräften in der Schweiz und in den skandinavischen Ländern. Der Vorrat der einzelnen Länder an Kohle und an Wasserkräften wird immer wichtiger für ihre Wirtschaftskraft und ihre politische Geltung.

Es ist bedeutsam, welchen Anteil die verschiedenen Gewerbe am Kohlenverbrauch haben.

Zahlentafel 4. Wasserkräfte der Welt[4]).

Land	Wasserkraft in Millionen PS		
	verfügbar	ausgebaut	
Deutschland	3,5 bis 4	1,5	
Norwegen	13	1,2	
Schweiz	12,5	1,5	
Schweden	8,8	1,4	
Frankreich	6,0	1,4	
Spanien	5,2	3,4	
Italien	5,15	1,1	
Österreich	4,1	0,6	
Großbritannien ...	1,0	0,2	
Finnland	2,6	0,2	
Rußland	22	0,7	
Balkanländer	10	—	
Europa	100	14	
Asien	236	3,5	
Afrika	160	—	von andererSeite wird viel weniger angegeb.
Australien	30	—	
Canada	32	3,9	
Vereinigte Staaten .	100	6,0	
Ganz Nordamerika .	160	10,0	
Südamerika	94	—	
Ganze Erde	780	27,5	

1 PS, ausgebaut, spart etwa 3 t Steinkohle/Jahr; 150 Millionen ausgebaute PS würden also 450 Millionen t Steinkohle sparen, rd. ⅓ des heutigen Jahreskohlenverbrauchs.

[3]) „Technik und Wirtschaft" Bd. 17 (1924) Heft 10 u. 11.
[4]) nach „Die Wasserkraft" 19. Jhrg. (1924) Heft 14.

Zahlentafel 5. Wasserkräfte nach van Heys[1]).

Land	Wasserkräfte in Millionen PS		
	nach Beiträgen zur Weltkraftkonferenz		geschätzt
	vorhanden	ausgebaut	
Europa	131	10,2	136
Asien	143	1,9	490
Afrika	0,2	—	204
Australien	8,6	0,3	69
Amerika	90	12,8	584
Ganze Erde	372,8	25,2	1 483

Zahlentafel 6 gibt einen Überblick darüber, wie sich der deutsche Kohlenverbrauch im Jahre 1913 auf die verschiedenen Gebiete menschlicher Arbeit verteilt hat. Das Bild ist heute insbesondere dadurch erheblich ungünstiger, daß der früheren für Deutschlands Nationalvermögen nutzbringenden Ausfuhr eine Zwangsausfuhr ohne Vergütung und eine erhebliche Einfuhr gegenübersteht. Allen andern Verbrauchern voran geht die Metallgewinnung, wofür die Kokereien arbeiten. Für Kraftzwecke werden etwa 30 vH, für Wärmeerzeugung etwa 70 vH verbraucht. Nicht unwesentlich ist auch der Verbrauch an Kohle im Haushalt. Die Hausfeuerungen, auf die ich an dieser Stelle nur noch kurz eingehen möchte, arbeiten mit einem außerordentlich schlechten Wirkungsgrad. Man rechnet im allgemeinen mit einer Ausnutzung der Brennstoffe von wenig über 10 vH. Die Verwendung der Elektrizität zum Kochen und Heizen würde also, da sie vielfach einen Wirkungsgrad von 100 vH erreicht, den Kohlenverbrauch wesentlich heruntersetzen. Trotzdem ist sie heute im allgemeinen dafür zu teuer. Erfahrungen in der Schweiz haben gezeigt, daß der Verbrauch an Elektrizität für Kochen und Heizen 2 bis 3 kWh für 1 m³ Gas, das für diese Zwecke vor der Elektrizität verwendet wurde, ausmacht. Um mit dem Gas für Kochen und Heizen in Wettbewerb treten zu können, darf 1 kWh, abgesehen von Sonderfällen, also nur ⅓ bis ½ des Preises für 1 m³ Gas kosten. Deshalb ist die Benutzung der Elektrizität für Kochen und Heizen in Deutschland heute wohl nur in Ausnahmefällen aussichtsreich, insbesondere bei Verwendung von billigem Nachtstrom. In der Schweiz und stellenweise auch in Deutschland werden heute schon Speicherkessel, die mit billigem Nachtstrom einen Wärmevorrat für den Tag in der Nacht ansammeln, mit Vorteil betrieben.

Zahlentafel 6. Verteilung der deutschen Kohlenerzeugung von 1913[2]).

Elektrizitätswerke	2,9 vH	rd. 30 vH
Krafterzeugung in der Industrie	10,0 „	
Eisenbahnen	9,3 „	
Schiffahrt	5,3 „	
Landwirtschaft	4,0 „	
Kokereien	23,4 „	rd. 70 vH
Wärmebedarf der Industrie	14,1 „	
Brikettfabriken	3,5 „	
Gaswerke	5,3 „	
Hausbrand	9,1 „	
Ausfuhrüberschuß	13,1 „	

Unser Leben und die Befriedigung aller heutigen Lebensbedürfnisse ist in hohem Maße auf den Verbrauch von Kohle gestellt. Wir können heute die Frage nicht mehr beiseite schieben, was werden soll, wenn die Kohlenvorräte aufgebraucht sind. Die Wasserkräfte, auch wenn sie voll nutzbar gemacht sind, werden in den meisten Ländern für den jetzigen Verbrauch bei weitem nicht ausreichen. Es liegt nahe, auf die von der Sonne der Erde zuströmende Energie in weiterem Maß, als es heute durch Ausnutzung von Wasserkräften geschieht, zurückzugreifen. Man versucht, die Windkraft in größerem Maße zu nutzen, man geht daran, Kraftwerke zu bauen, die Ebbe und Flut dienstbar machen. Man baut Sonnenmaschinen, um die Sonnenwärme auf Dampfkessel zu konzentrieren. Doch hat man auf diesem Wege noch nicht viel erreicht. Es scheint mir auch wenig Aussicht zu bestehen, daß mit diesen Mitteln ein beachtlicher Betrag des Energiebedarfs der Menschheit gedeckt werden könnte.

Ich möchte nicht unterlassen, hier darauf hinzuweisen, daß der große amerikanische, aus Deutschland gebürtige, kürzlich verstorbene Elektroingenieur Karl Steinmetz in der letzten Zeit seines Lebenes sich auch diesen Fragen zugewandt hat. Ihm schwebte vor, man sollte versuchen, auf geeigneten Strecken der Erdoberfläche die Sonnenwärme in pflanzliche Kohle zu verwandeln, wie es die Natur in einer für uns heute so bedeutsamen Weise in der Karbonzeit getan hat. Diese Aufgabe berührt uns Ingenieure nur mittelbar. Die Betrachtung über das Ende der Kohlenvorräte der Erde möchte ich abschließen mit dem Hinweis darauf, daß wir es keineswegs nötig haben, an ein in einigen tausend Jahren bevorstehendes Ende des gewerblichen Lebens unserer Erde zu denken, wenn einmal unsere Kohlenvorräte erschöpft sind. Wir können uns trösten mit dem Vertrauen darauf, daß der schöpferische Geist der Menschen und besonders der Ingenieure neue Wege mit neuen Mitteln schaffen wird. Immerhin müssen gerade wir Ingenieure in diesem Zusammenhang uns stets der hohen Verantwortung bewußt bleiben, die wir als die Verwalter und Leiter der heutigen Energiewirtschaft vor einer fernen Zukunft tragen. Wir dürfen nicht gedankenlosen Raubbau treiben, sondern müssen uns unablässlich bemühen, unsere Energiewirtschaft so zweckmäßig und richtig zu gestalten wie irgend möglich.

Sparsame Energiewirtschaft.

Allgemeines.

Die Aufgabe, in einem gegebenen praktischen Falle die richtige Lösung irgend einer energiewirtschaftlichen Aufgabe zu finden, ist außerordentlich verwickelt. In Verfolgung unseres bisherigen Gedankenganges müßte man eine Lösung anstreben, bei der in erster Linie der Kohlenvorrat der Erde möglichst wenig in Angriff genommen wird. Diese Aufgabe ist verhältnismäßig einfach lösbar. Die Lösung in diesem Sinne wird aber in den seltensten Fällen befriedigen. Man ist gezwungen, jede Aufgabe nach dem Gesichtspunkt der geringsten Betriebskosten einschließlich Zinsen und Tilgung des aufgewendeten Kapitals zu bearbeiten. Die Rücksicht auf die Betriebskosten führte vor dem Krieg in sehr vielen Fällen dazu, daß Wasserkräfte nicht ausgebaut und an ihrer Stelle Dampfkraftwerke gewählt wurden, weil die hohen Kosten der Wasserfassungsanlagen die Kilowattstunde allzusehr verteuerten. Derartige Entscheidungen sind wohl unbefriedigend vom engen Standpunkt der Energiewirtschaft im allgemeinen, aber man darf nicht vergessen, daß es in der Wirtschaft eines Landes nicht nur auf die Kohle, sondern auch auf andre Werte ankommt und daß die Ausführung ausgedehnter und kostspieliger Wasserbauten der Wirtschaftskraft des Landes erhebliche Beträge, die für andre Zwecke vielleicht mit größerem Nutzen verwendet werden könnten, entzieht. Heute liegen die Dinge aus zwei Gründen anders. Die Kohle ist teurer geworden, außerdem bietet sich durch das Zusammenkuppeln vieler Werke heute mehr als vor dem Kriege die Möglichkeit, Wasserkraftwerke auch in der Nacht nutzbar zu machen. Die Voraussetzungen dafür, daß die Fragen der Energiewirtschaft unter voller Würdigung aller volkswirtschaftlichen Interessen entschieden werden, sind heute besser als früher erfüllt, weil heute die Energiewirtschaft einzelner Länder von einer Stelle geleitet wird, in Sachsen von der Aktiengesellschaft Sächsische Werke, in Bayern vom Bayern-Werk, in Mitteldeutschland von der Gesellschaft Elektrowerke A.-G. usw. Die Energiewirtschaft einzelner Länder zusammenzufassen, wäre ohne starke Beteiligung des Staates nicht möglich gewesen. Ob Staatsbetriebe für die Energiewirtschaft auf die Dauer die richtige Lösung darstellen, ist eine vielumstrittene Frage. Man macht Staatsbetrieben nicht mit Unrecht den Vorwurf der Schwerfälligkeit. Demgegenüber ist in letzter Zeit der Weg beschritten worden, für die Energieversorgungs-Unternehmungen einzelner Länder trotz Staatsbesitz die Form der Aktiengesellschaft zu wählen, sie dadurch freier zu gestalten. Ob es gelingen wird, Hemmungen, die im Staatsbetrieb durch das Eingreifen der verschiedensten Verwal-

[1]) „Technik und Wirtschaft" Bd. 17 (1924) Heft 10 u. 11.
[2]) Klingenberg: „Die Zukunft der Energiewirtschaft Deutschlands" Z. Bd. 66 (1922) S. 590.

tungsinstanzen und durch parlamentarische Einflüsse drohen, durch die Änderung der Rechtsform in der erforderlichen Weise auszuschalten, bleibt abzuwarten.

Dadurch, daß heute die Energiewirtschaft weiter Bezirke zusammengefaßt ist, hat die Aufgabe, eine sparsame Energiewirtschaft zu betreiben, ein andres Gesicht erhalten als früher. Früher handelte es sich nur um die Frage, wie ein einzelnes Werk auszugestalten ist, um die ihm obliegenden Aufgaben mit dem geringsten Aufwand zu erfüllen. Heute tritt dazu die Aufgabe, wie im Zusammenarbeiten sehr vieler Werke die Aufgaben der Energiewirtschaft in der sparsamsten Weise gelöst werden können. Es leuchtet ohne weiteres ein, wie große Ersparnisse allein dadurch erzielt werden können, daß die geringe Nachtbelastung von einer zentralen Stelle gedeckt werden kann und eine große Anzahl kleinerer Werke nachts stillsteht. Trotzdem heute in Sachsen wohl nur noch wenige Elektrizitätswerke in der Nacht ihre eigenen Anlagen in Betrieb halten, die meisten dagegen nachts an das Landeselektrizitätsnetz angeschlossen sind, ist die Nachtbelastung bei der A.-G. Sächsische Werke nur etwa ein Drittel so groß wie die Tagesbelastung. Bei der Regelung der Tagesbelastung können große Ersparnisse dadurch erzielt werden, daß günstig angelegte und günstig zur Kohle gelegene Werke die Grundbelastung übernehmen und weniger rationell arbeitende Werke nur für die Spitzenbelastung in Betrieb genommen werden. Durch Zusammenfassung der Energiewirtschaft großer Bezirke läßt es sich erreichen, daß Flußwasserkräfte ohne Speichermöglichkeit die Wasserkraft zu jeder Zeit, auch in der Nacht voll nutzbar machen und nur ausnahmsweise Wasser unausgenutzt zu Tale rinnt.

Wasserkraftwerke.

Bei der zunehmenden Ausdehnung der Wasserwirtschaft hat sich die Ausgestaltung der Wasserturbinen außerordentlich stark entwickelt. Die einzelnen Einheiten sind, soweit mir bekannt, in Europa bis zu einer Höchstleistung von 27 500 PS vorgeschritten, die im Bezirk der Badischen Landeselektrizitätsversorgungs-A.-G. zur Anwendung gelangt[1]). Die Turbinen werden mit immer höherer Drehzahl, also mit immer besserer Eignung für unmittelbare Kupplung mit Stromerzeugern gebaut. Der Wirkungsgrad der Turbinen hat eine hohe Vervollkommnung erfahren. Die auf der Weltkraftkonferenz von amerikanischen Ingenieuren gemachte Angabe, ihre neuen großen Turbinen hätten einen praktischen Wirkungsgrad von 93 vH, wurde allerdings mit einigen Zweifeln aufgenommen. Immerhin wird man mit einem Wirkungsgrad großer Turbinen von 90 vH heute wohl mit Sicherheit rechnen können. Die Fortschritte in der Herstellung von Zahnrädern hat sich auch der Bau von Wasserkraftwerken insofern nutzbar gemacht, als heute eine geringe Geschwindigkeit von Turbinen vielfach durch Zahnräder für die Dynamomaschinen ins Schnelle übersetzt wird.

Bedeutsame Fortschritte sind für Wasserkraftanlagen dadurch erzielt worden, daß man große Wasserspeicher geschaffen hat. Der Vorteil großer Speicherbecken kann nicht hoch genug veranschlagt werden. Sie entlasten den Lauf der Flüsse nicht nur von den gefährlichen Hochwässern und von den Ausgaben infolge der Hochwasserschäden, sondern liefern die Möglichkeit, das Niedrigwasser zu erhöhen und den Wert der Wasserkraftwerke bedeutend zu steigern. Durch die Edertalsperre[2]) z. B. ist es möglich geworden, im Laufe der Weser eine ganze Anzahl Stufen, die früher wegen der Unterbrechung in der Kraftlieferung durch Hochwasser und wegen der Senkung der Kraft durch Niedrigwasser nicht ausbauwürdig waren, nunmehr auszubauen. Eines der glänzendsten Beispiele für die Ausnutzung natürlicher Speicherbecken liefert das bekannte Walchenseewerk[3]).

Die Speicherung des Saalewassers ist eine viel umstrittene und heute noch ungelöste Aufgabe. Die Saale führt dadurch, daß sie nicht nur das Fichtelgebirge und den Thüringer Wald, sondern auch andre deutsche Mittelgebirge bis zum Harz durch die Unstrut entwässert, zeitweise sehr starkes Hochwasser. Dieses richtet bedeutenden Schaden an und entwertet das Ufergelände des Flusses in hohem Maß. Es wäre außerordentlich wertvoll, wenn es gelänge, Talsperren zu schaffen, um die Wasserführung der Saale zu regeln. Im oberen Saalelauf bietet sich dazu in der Gegend von Saalburg und Ziegenrück sehr günstige Gelegenheit. Eine Talsperre bei den Bleilöchern in der Nähe des Schlosses Burgk könnte ein Staubecken von 200 bis 400 Mill. m^3 schaffen, also nahezu den ganzen Jahresabfluß der Saale an einer Stelle aufnehmen. Damit könnte man nicht nur einen Jahresausgleich schaffen, sondern sogar einen Ausgleich über längere Zeiträume, die trockene und nasse Jahre umfassen. Die Sperrmauer würde eine Höhe von mehr als 60 m erhalten.

Zur Ausnutzung der Nachtkraft von Flußwasserwerken, bei denen keine Möglichkeit besteht, während der Nacht das Wasser aufzustauen, hat man besondere Anlagen geplant und geschaffen. Wo die örtliche Lage die Möglichkeit bietet, ein Speicherbecken in beträchtlicher Höhe über der Kraftanlage zu errichten, sind mehrfach künstlich Hochwasserspeicher errichtet. Hochdruckpumpen einerseits, Turbinen anderseits haben recht hohe Wirkungsgrade. Die Speicherung des Wassers bringt keine Verluste mit sich. Weniger günstig erscheint ein Vorschlag von Maguerre, Dampf arbeiten zu lassen, der in der Nacht von der Wasserkraft in einem Kreiselverdichter auf hohe Spannung gebracht wird und am Tage in einer Dampfturbine Arbeit leistet. Die Wirkungsgrade dieses Kreislaufes sind weniger günstig als für Wasser. Dazu kommen die dauernden Wärmeverluste in den Zwischenbehältern für den Dampf. Es bietet Interesse, ob trotzdem derartige Anlagen sich als wettbewerbfähig erweisen werden für Stellen, wo ein Laufwasserwerk in der Nacht anders nicht ausgenutzt werden kann und wo die örtlichen Verhältnisse keine Möglichkeiten für eine Hochdruckspeicheranlage bieten. In dieser Richtung steht die deutsche Energiewirtschaft noch vor manchen bedeutsamen Aufgaben, die vielleicht dazu führen werden, daß die Leistungsfähigkeit der verfügbaren Wasserkräfte sich gegenüber den früher angegebenen Zahlen noch steigern wird.

Wärmekraftwerke.

Wir wenden uns jetzt den Wärmekraftwerken und zunächst den Dieselmotoren zu. Man könnte an der Bedeutung der Dieselmotoren mit Rücksicht darauf zweifeln, daß die Vorräte der Welt an Erdölen gering sind und in absehbarer Zeit erschöpft sein werden. Doch können durch die Verkokung der Kohle, durch die Gewinnung der in ihr enthaltenen Wertstoffe bedeutende Mengen von Treibölen gewonnen werden[4]). Die Bedeutung der Dieselmaschinen würde gewaltig ansteigen, wenn es gelänge, die Verflüssigung der Kohle unter gewerblich verwertbaren Bedingungen durchzuführen. Nach dieser Richtung sind bereits verheißungsvolle Erfolge erzielt worden, s. Z. 1925 S. 15.

Die Verwendung der Dieselmaschinen im Schiffbau, die außerordentlich große Fortschritte macht, hat die Technik vor manche neuen schwierigen Fragen gestellt. Die günstigste Drehzahl eines großen Dieselmotors ist für die Schiffsschraube unbequem groß. Man bemüht sich, Übersetzungsgetriebe zu schaffen; neuerdings hat die Vulcanwerft ein dem Föttinger-Getriebe ähnliches, mit Öl arbeitendes Triebwerk zur Anwendung gebracht[5]), von andrer Seite bemüht man sich darum, eine größere Zahl von Dieselmaschinen durch Zahnräder auf die Propellerwelle arbeiten zu lassen. Bei dieser Anordnung macht die Entstehung von elastischen Schwingungen erhebliche Schwierigkeiten.

An Land ist die Dieselmaschine gleichfalls von großer Bedeutung, einmal für kleine Anlagen, die sich eigene Stromerzeugungsanlagen schaffen, um unabhängig zu sein von der Tarifpolitik und den Betriebstörungen großer Versorgungsnetze. Für große Anlagen ist die Dieselmaschine als Aushilfe und zur Deckung eines kurzzeitigen Spitzenbedarfs von besonderem Vorteil, weil sie im Stillstand keinen eigenen Verbrauch hat, wie Dampfkessel und Dampfturbinen in Betriebsbereitschaft.

[1]) s. Z. Bd. 68 (1924) S. 1195.
[2]) s. Z. Bd 65 (1921) S. 688.
[3]) s. Z. Bd. 66 (1922) S. 1013.
[4]) Z. Bd. 68 (1924) Heft 40.
[5]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1082 u. 1277

Der thermische Wirkungsgrad der Dieselmaschine beträgt angenähert ein Drittel; von den verlorenen zwei Dritteln geht etwa eine Hälfte in das Kühlwasser, die andre Hälfte in die Auspuffgase, die über 500 °C warm sind. Die Ausnutzung dieser Wärme ist eine wichtige Aufgabe. Es ist ein grober Fehler, die Kühlwasserwärme und die Abgaswärme verloren gehen zu lassen und gleichzeitig Heizdampf oder warmes Wasser aus verbrannter Kohle zu gewinnen.

Die letzte von Diesel gestellte Aufgabe, in Dieselmaschinen unmittelbar Kohlenstaub zu verbrennen, beschäftigt auch heute noch an mehreren Stellen tatkräftige Erfinder; seit einigen Jahren sind Versuche mit ausgeführten Maschinen für diesen Betrieb im Gange.

An mehreren Stellen hat man in letzter Zeit den Versuch gemacht, den Dieselmotor als Antriebmaschine für Lokomotiven[1]) zu verwenden. Ob dem zweifellos äußerst günstigen thermischen Wirkungsgrad nicht allzu große Mehrkosten in der Beschaffung und Instandhaltung gegenüberstehen werden, bleibt abzuwarten.

Die Gasturbine, die für die Gichtgase und die in großen Mengen bei der Verkokung der Kohle gewonnenen Gase eine hohe Bedeutung gewinnen kann, hat noch nicht zu einem vollen Erfolg geführt. Die hohe Temperatur der Verbrennungsgase stellt außerordentlich hohe Anforderungen an den Werkstoff der Turbinen. Dazu entstehen durch die Kühlung so hohe Wärmeverluste, daß, soweit mir bekannt ist, befriedigende Ergebnisse bei den bisherigen Versuchen noch nicht erreicht worden sind.

Unter den Wärmekraftwerken steht heute noch der Dampf an erster Stelle. In welchem Umfange man die Kohle unmittelbar auf den Rosten verfeuern und wann man es vorziehen wird, aus der Kohle zunächst die Wertstoffe, in erster Linie Teer und Ammoniak, zu gewinnen, ist heute noch nicht endgültig geklärt. Die dafür erforderlichen Vergasungsanlagen befinden sich heute noch im Stande der Entwicklung. Der Ausgestaltung der Kohlenkraftwerke fügen sie ein neues Glied zu, ändern aber grundsätzlich nichts. Ob unter den Kesseln die Kohle unmittelbar verfeuert wird, oder ob die Kessel mit Koks und Gas geheizt werden, ist für die Kesselanlage und das ganze Kraftwerk nicht von grundsätzlicher Bedeutung.

Die Dampfturbine kann heute wohl als unbestrittener Sieger im Wettkampf mit der Kolbendampfmaschine bezeichnet werden. Neuerdings wendet man der Ausgestaltung des Hochdruckteiles, seinem thermischen Wirkungsgrad weitgehende Aufmerksamkeit zu und hat nach dieser Richtung schöne Erfolge erzielt[2]). Im übrigen haben aber die letzten Jahre grundsätzliche Änderungen im Bau der Turbinen und Turbodynamos nicht gebracht. Einen bedeutsamen neuen Schritt stellen die Turbolokomotiven[3]) mit Kondensation dar. Noch immer ist die Turbine des Goldenbergkraftwerkes mit einer Leistung von 50 000 kW und 60 000 kVA[4]) die größte Einheit Europas. Amerika hat sie inzwischen allerdings um einige tausend Kilowatt überflügelt. Es ist bemerkenswert, daß man nach neueren Angaben von K l i n g e n b e r g heute diese Einheit mit 1500 Uml./min bauen würde[5]).

Der Fortschritt in der Ausgestaltung der Dampfkraftwerke wird heute in einer Steigerung des Dampfdruckes und der Dampfüberhitzung gesucht[2]). Der Bau der Turbinen mit Rücksicht auf Wärmedehnungen einerseits, die Eigenschaften des Heißdampföles auf der andern Seite sind so weit entwickelt worden, daß man heute eine Überhitzung von 450 °C im Dampfkessel für zulässig erachtet. Auf die Steigerung des Dampfdruckes möchte ich etwas näher eingehen. Es ist bekannt, daß beim Übergang vom Niederdruck zum Hochdruck, z. B. von 6 auf 20 at, dem Dampf aus der Kohle zusätzliche Wärme zugeführt und mit vorzüglichem Wirkungsgrad in Arbeit verwandelt wird, während der größte Teil der bis zu 6 at aufgewendeten Wärme, die Verdampfungswärme des Kondensatordampfes, für die Arbeitserzeugung verloren geht. Es liegt nahe, anzunehmen, daß in dieser Richtung durch die Steigerung des Dampfdruckes weit über 20 at hinaus große weitere Vorteile erzielt werden können. Diese Annahme ist irrig.

Abb. 1 zeigt uns die auf den ersten Blick überraschende Eigenschaft des trocken gesättigten Wasserdampfes, daß nämlich die Dampfwärme bei steigendem Druck nur bis wenig über 20 at ansteigt, bei hohen Drücken aber erheblich abfällt. Der Wärmegehalt trocken gesättigten Dampfes liegt bei Drücken über 170 at unter dem Wärmegehalt des zum Kondensator mit 0,05 at abziehenden wasserfreien Dampfes. Anderseits liegt es auf der Hand, daß hochgespannter Dampf von 30, 60 und 100 at mehr Arbeit leisten kann als Dampf von 10 oder 20 at. Wie ist das möglich? Die Erklärung liegt darin, daß ein Teil der Dampfarbeit aus der Verdampfungswärme, der latenten Wärme des Dampfes geschöpft wird, d. h., daß der hochgespannte Dampf, wenn er unter Arbeitsleistung entspannt wird, sich soweit abkühlt, daß ein Teil des Dampfes während der Arbeitsleistung kondensiert. Das Bild zeigt den Wärmegehalt nassen Dampfes von 0,05 at Spannung bei einem Dampfgehalt von 1,0, 0,9, 0,8, 0,7, also bei einem Wassergehalt von 0, 10, 20 und 30 vH. Man sieht, wieviel Wärme auf diesem Wege zur Verfügung steht. Die Bildung nassen Dampfes ist indessen nicht unbedenklich. Bei der hohen Strömungsgeschwindigkeit des Dampfes in der Turbine üben Wassertröpfchen eine starke zerstörende Wirkung auf die Turbinenschaufeln aus. Wenn man etwa einen Druck von 100 at in einer oder in mehreren Turbinen nacheinander bis auf Kondensatordruck verarbeitet, muß man den Dampf in einigen Zwischenstufen immer wieder überhitzen. Klingenberg gibt in seinem Beitrag zur Weltkraftkonferenz über moderne Dampfkraftwerke für Erzeugung elektrischer Energie diese Grenze bei 35 bis 37 at an. Er empfiehlt, mit dem Dampfdruck nicht höher zu gehen, weil ein Druck von 35 bis 37 at in Verbindung mit einer Dampftemperatur von 400 °C in der Turbine eben noch ohne Zwischenüberhitzung verarbeitet werden kann, weil die Nässe des Dampfes bei seinem Durchgang durch den Niederdruckteil in den Grenzen bleibt, die sich bei den bisher üblichen Mitteldruckturbinen als zulässig herausgestellt haben. Von andrer Seite wird ein höherer Druck befürwortet. Man hat Dampfkessel für 100 at geschaffen. Bis zu 60 at dürften heute wohl zahlreiche Kesselkonstruktionen bewährter Bauart vorliegen. Die Schwierigkeiten liegen in erster Linie in der Materialfrage und können heute wohl als gelöst betrachtet werden. Der Betrieb großer Kraftwerke mit Dampfspannungen von etwa 60 at erfordert neue Mittel, die aus den Eigenschaften des Dampfes hervorgehen. Abb. 1 zeigt uns, daß die Dampftemperatur bei 60 at 275 ° beträgt. Die Temperatur der abziehenden Feuergase muß höher sein; sie wird zwischen 350 und 400 ° liegen. Wie soll diese beträchtliche Wärme ausgenutzt werden? Der bisher übliche Anbau eines Vorwärmers macht bei dem hohen Druck Schwierigkeiten. Gußeiserne Vorwärmer lassen sich für so hohen Druck nicht mehr bauen. Schmiedeiserne Vorwärmer werden von den bei der Vorwärmung aus dem Wasser ausscheidenden Gasen zerfressen. Den Vorwärmer mit niedrigem Druck zu betreiben, zwischen Vorwärmer und Kessel eine besondere Hochdruckspeisepumpe einzuschalten, bereitet Schwie-

Abb. 1. Wärmegehalt des Hochdruckdampfes.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 849. vergl. a. S. 937.
[2]) Z. 1924 Sonderheft „Hochdruckdampf".
[3]) s. Z. Bd 68 (1924) S. 302 u. 1058.
[4]) s. Z. Bd. 62 (1918) S. 335, Bd. 66 (1922) S. 17.
[5]) s. Z. Bd. 68 (1924) S. 1168.

Abb. 2. Schema einer neuzeitlichen Hochdruckdampfanlage.

a Hochdruckkessel *c* Zwischenüberhitzer *e* Kondensator
b Lufterhitzer *d* Ruthsspeicher *f* Zusatzwasser
g Speisewasservorwärmung in Stufen.

rigkeiten und Kosten. Man hält es daher heute für zweckmäßig, die Wärme der Abgase nutzbar zu machen, indem man die Verbrennungsluft vorwärmt. Diese Aufgabe wird sich bei Feuerungen für Gas, Öl oder Kohlenstaub leichter lösen lassen als bei den bisher üblichen Rostfeuerungen, wo Kühlkanäle im Feuergewölbe erforderlich werden dürften.

Man wird die Feuergase manchmal vielleicht auch zur Zwischenüberhitzung des Turbinendampfes nutzen können. Es geht nicht an, das Speisewasser mit der Wärme, mit der es entweder aus dem Kondensator oder als Kondensat von Heizanlagen gewonnen wird, in die Kessel zu speisen. Man wärmt das Speisewasser durch Dampf in Stufen vor. Es erscheint am zweckmäßigsten, eine besondere Turbine zu betreiben und zur Stromerzeugung nutzbar zu machen, deren Dampf stufenweise in einen Speisewasservorwärmer geschickt wird. Die Ausnutzung der Wärme ist in diesem Fall außerordentlich günstig, weil keine Wärme verloren geht. Die Betrachtung zeigt also, daß die Verwendung von Hochdruck von 60 und mehr Atmosphären zu einer erheblich verwickelteren Ausführung der Kraftanlage zwingt, mit Zwischenüberhitzung des Dampfes in den Hauptturbinen, mit Rauchgasvorwärmern, mit Vorwärmung des Speisewassers durch Dampf. Ob und unter welchen Umständen, insbesondere bei welchen Kraftwerkleistungen die Verwendung des Dampfdruckes über 30 bis 35 at im ganzen Vorteile bringt, muß die Entwicklung der nächsten Zeit lehren.

Es ist für den heutigen Stand des Baues von Dampfkraftwerken kennzeichnend und von erheblichem Interesse, mit welchen Zahlen Klingenberg in seinem Bericht für die Weltkraftkonferenz rechnet. Er geht von dem Entwurf eines Kraftwerkes mit viermal 50 000 = 200 000 eingebauten Kilowatt aus. Er wählt Kesseleinheiten von 2000 m² Heizfläche, deren Wirkungsgrad höchstens 88 vH, bei Spitzenlast 77 vH und bei mittlerer Belastung 83 vH betragen soll. Die Verbrennungsluft soll von 20 auf 180° vorgewärmt werden. Für die Vorwärmung des Speisewassers sind zwei besondere Turbinen von je 12 000 kW vorgesehen. Klingenberg rechnet mit einem thermischen Wirkungsgrad der Haupttturbomaschinen von 22,89 vH, der Vorwärmerturbinen von 71,58 vH, insgesamt für alle Turbinen von 25,17 vH. Unter den von Klingenberg angegebenen Betriebzahlen möchte ich noch den Leerlaufverbrauch der Kessel mit 10 vH des Vollastverbrauchs nennen, den Leerlaufverbrauch der Turbodynamos mit 8 vH des Vollastverbrauchs und den Verbrauch an Dampf von 35 at und 450° für 1 kWh mit 4,07 kg. Die Beschaffungskosten des Werkes, bezogen auf ein eingebautes Kilowatt bei 220 000 V Hochspannung, sollen 140 ℳ betragen. Abb. 2 und 3 geben ein übersichtliches Bild von neuzeitlichen Hochdruck-Dampfkraftanlagen.

Für die Wirtschaftlichkeit eines Elektrizitätswerkes, für seinen Kohlenverbrauch, bezogen auf die Einheit der erzeugten Leistung, spielt nicht nur der Wirkungsgrad aller Teile bei Vollast eine wesentliche Rolle, sondern daneben auch die Betriebsführung, insbesondere die Gleichmäßigkeit der Belastung. Dampfkessel, die nur kurze Zeit Dampf herzugeben haben, sind sehr unwirtschaftliche Glieder eines Kraftwerkes. Das Anheizen eines Dampfkessels erfordert einen hohen Wärmeaufwand. Es muß ja nicht nur das Wasser erwärmt werden, sondern auch die Eisenmassen des Kessels und alles Mauerwerk am Wege der Feuergasse. Nach dem Abstellen des Kessels geht auf sehr lange Zeit viel Wärme durch Strahlung und Leitung verloren. In dieser Richtung liegt das Feld der neuerdings viel verwendeten Dampfspeicher, die Ruths eingeführt hat[1]). Trotz der erheblichen Beschaffungskosten solcher Speicher, die mit einem Fassungsvermögen von Hunderten von Kubikmetern gebaut werden, und trotz der ständig auftretenden Wärmeverluste an der Oberfläche der Speicher bringen sie doch erhebliche Vorteile, weil sie es ermöglichen, die Kessel gleichmäßig zu belasten und bei Spitzenbelastung mit einer erheblich geringeren Zahl unter Dampf stehender Kessel auszukommen. In der gleichen Richtung liegt ein großer Vorzug der Staubkohlenfeuerung. Sie gestattet, die Leistung eines Kessels in allerkürzester Zeit, ohne daß man den Vorrat an glühender Kohle auf dem Rost steigern muß, dem steigenden Dampfbedarf anzupassen. Es ist damit zu rechnen, daß die Kohlenstaubfeuerung sich vorwiegend aus diesem Grunde auch bei uns in nächster Zeit in größerem Umfang einführen wird, wie sie sich in Amerika bereits seit längerer Zeit eingeführt hat.

Von größter Bedeutung für die Energiewirtschaft ist auch die Frage der Verteilung der Belastung über 24 Stunden. Von besonderem Wert wäre eine Belastung, die es ermöglicht, die für die Tageshöchstbelastung notwendigen Kessel auch während der Nacht laufen zu lassen. Jede Energie, die nicht unbedingt am Tage aufgewendet werden muß, sollte im Interesse einer rationellen Energiewirtschaft, soweit es tunlich ist, in der Nacht entnommen werden.

Eine der wichtigsten und aussichtsreichsten Aufgaben der Energiewirtschaft ist die Vereinigung von Heizanlagen mit der Krafterzeugung[2]). Ein Blick auf Abb. 1 zeigt, welch gewaltige Energiemengen beim Kondensationsbetriebe verloren gehen. Wir haben gesehen, daß für die neuesten, günstigsten Turbodynamos mit Kondensation nur ein Wirkungsgrad von 22,89 vH erreichbar ist. Sobald man die Verdampfungswärme nicht im Kondensator vernichten will, sondern in Heizanlagen nutzbar machen kann, wird der Wirkungsgrad der Dampfkraftanlagen außerordentlich verbessert und auf eine solche

[1]) Z. Bd. 66 (1922) S. 509 u. f.
[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1134.

Abb. 3. Schema einer neuzeitlichen Hochdruckdampfanlage.

a Hochdruckkessel *e* Vorschaltturbine *i* Normalturbine
b Luftüberhitzer *f* Normaldampf *k* Kondensator
c Zwischenüberhitzer *g* vorhandener Kessel *l* Speisewasserbehälter
d Hochdruckdampf *h* neuer Lufterhitzer *m* Hilfsturbine
n Speisewasservorwärmung in Stufen

Höhe gebracht, daß keine andere Krafterzeugung in aussichtsreichen Wettbewerb treten kann. Jede Anlage, in der Dampf zum Heizen mit geringem Druck verwendet und noch in Niederdruckkesseln erzeugt oder durch Drosselventile geleitet wird, während gleichzeitig ein Energiebedarf vorhanden ist, der von Kondensations- oder Auspuffmaschinen gedeckt wird, stellt eine schwere Versündigung an den Grundsätzen einer rationellen Energiewirtschaft dar. Jeder Heizdampf sollte vorher Arbeit leisten. Hier ist das Feld, wo der hohe Dampfdruck seine größten Vorteile bringen kann. Ist der Heizbedarf im Verhältnis zum Kraftbedarf gering, so muß man die Frage stellen, wie hoch der Dampfdruck sein muß, um aus dem Heizdampf die erforderliche Arbeit zu gewinnen, indem man eine Gegendruckturbine für diesen Zweck aufstellt. Neuerdings wird angegeben, daß die Aufstellung einer Gegendruckturbine schon vorteilhaft ist, wenn ihre Leistung auch nur 50 kW beträgt. Ist der Bedarf an Heizdampf gering gegenüber dem Dampfbedarf der Krafterzeugung, so ist eine Anzapfturbine zu verwenden, so daß der Heizdampf in den Hochdruckstufen der Turbine Arbeit leistet, ehe er in die Heizleitungen geht. Bei diesen Betrachtungen darf der Blick nicht nur auf die einzelnen Werke gerichtet sein, in vielen Fällen ist der Energiebedarf eines Werkes gering im Verhältnis zu seinem Bedarf an Heizdampf. Dann ist es wieder in vielen Fällen ratsam, zu prüfen, ob die aus dem Heizdampf gewinnbare überschüssige Energie nicht mit Vorteil anderen Betrieben zugeleitet werden kann. Die neuere Gesetzgebung bietet die Möglichkeit, das Wegerecht für elektrische Verbindungsleitungen zwischen verschiedenen Werken um hoher Kohlenersparnisse willen im Enteignungswege zu erlangen. Die Aufgabe, in einem großen Bezirk alle solche Abfallenergien, die Nachtenergie von Laufwasserkraftwerken, die Überschußenergie großer Heizanlagen nutzbar zu machen, wird in der Regel nur unter Inanspruchnahme der Stromversorgungsanlagen des betreffenden Bezirkes lösbar sein. Man hat früher daran gedacht, die Stromerzeuger für Abfallenergien als Asynchronmaschinen zu bauen, hat sich aber überzeugen müssen, daß daraus eine sehr unliebsame Belastung des Netzes mit Blindleistung folgt. Man muß deshalb in solchen Fällen Synchronstromerzeuger oder neuerdings kompensierte Asynchronstromerzeuger verwenden. Ich kann auf die Einzelheiten dieses überaus bedeutsamen und technisch reizvollen Gebietes nicht weiter eingehen und möchte nur zum Schluß darauf hinweisen, daß an manchen Stellen außerordentliche wirtschaftliche Lösungen der vereinigten Energie- und Heizwirtschaft dadurch gewonnen worden sind, daß man die Heizung vieler großer Gebäude in einem Fernheizwerk vereinigt und in der Zentrale des Werkes den Heizdampf zur Stromerzeugung verwendet hat[1]).

Die heutige Lage des Geldmarktes wird es leider in sehr vielen Fällen unmöglich machen, vorhandene unwirtschaftliche Anlagen nach den oben entwickelten Gesichtspunkten umzugestalten. Bei den heutigen Zinssätzen wird sich der Umbau häufig nicht bezahlt machen. Wenn er sich aber auch bezahlt macht, so werden die erforderlichen Mittel häufig nicht aufzubringen sein. Um so wichtiger ist es heute, bei der Betriebsführung der Heiz- und Krafterzeugungsanlagen jeden unnötigen Verlust zu vermeiden. In vielen Fällen wird es möglich sein, durch einen richtigen Ausgleich der Belastung die Zahl der im Betrieb zu haltenden Kessel einzuschränken und unwirtschaftliche Überlastungen im Betriebe befindlicher Kessel zu verhüten. Dampfsäulen, die an irgendeiner Stelle eines Werkes aufsteigen, stellen Kohlenverluste dar, die in den meisten Fällen vermeidbar sind. Kondensationswasser von Heizanlagen, das nutzlos fortrinnt, statt in die Zentrale zurückgeleitet zu werden, stellt eine Vergeudung dar, einmal wegen des Wärmegehaltes des Kondensats, der im allgemeinen 10 vH der Dampfwärme übersteigt, ferner wegen des hohen Wertes des Kondensats für die Kesselspeisung. Es empfiehlt sich daher dringend, die Wasserwirtschaft in der Kesselanlage durch Wassermesser zu überwachen und insbesondere das verwendete Zusatzwasser zu messen und nachzuprüfen. Von großer Bedeutung sind die Wärmeverluste aller Dampfleitungen und aller Dampfapparate. Diesen Fragen ist die vor einigen Jahren an der Technischen Hochschule in München gegründete Forschungsstelle für Wärmewirtschaft mit sehr gründlichen Versuchen und eingehenden Rechnungen nachgegangen. Überschlagrechnungen sind mit allbekannten Zahlen rasch ausgeführt. Bei 100° Wärmeunterschied gegenüber der umgebenden Luft beträgt die Wärmeabgabe einer Oberfläche von 1 m² stündlich angenähert 400 kcal für einen Rippenheizkörper, 800 kcal für einen Radiator, 1200 kcal für ein glattes Rohr. Die Wärmeverluste sind der Flächengröße und dem Temperaturunterschied angenähert proportional. Mit diesen Zahlen läßt sich leicht berechnen, wie groß der Wärmeverlust und damit der Kohlenverlust bei ungeschützten Dampfleitungen und Dampfapparaten ist. Ein guter Wärmeschutz darf höchstens ein Fünftel des Verlustes bei ungeschützten Flächen zulassen, vier Fünftel muß er ersparen. Einen guten Wärmeschutz zu schaffen, und ihn ständig in gutem Zustand zu erhalten, ist eine überaus wichtige Aufgabe jedes Betriebes, der mit Dampf arbeitet. Die Wärmeverluste der unter Dampf stehenden Leitungen sind auch bei bestem Wärmeschutz so hoch, daß alle Leitungsstränge, die längere Zeit abgeschaltet werden können, auch abgeschaltet werden müssen. Für Zeiten geringen Bedarfes machen sich oft besondere dünne Leitungen rasch bezahlt. Nach dieser Richtung bieten sich bei achtsamer Betriebsführung Möglichkeiten zu sehr ansehnlichen Ersparnissen. Jeder Betrieb muß den Dampfverbrauch aller wesentlichen Abnahmestellen kennen, eine wenigstens überschlägige Wärmebilanz aufstellen und ständig Istverbrauch und Sollverbrauch vergleichen.

[B 733] (Schluß folgt.)

[1]) Z. Bd. 67 (1923) S. 137.

Stand der Elektrizitätsversorgung der Tschechoslowakei.

Obwohl der im Gefolge des Weltkrieges überall auftretende Kohlenmangel auch in dem neuen Staatsgebilde der Tschechoslowakei sich fühlbar machte, so war er doch gegenüber andern Staaten, wie z. B. Deutschland und Österreich, hier zunächst weniger empfindlich fühlbar. Es war dies zum Teil darauf zurückzuführen, daß die Tschechoslowakei über reiche und günstig gelegene Vorkommen von Stein- und Braunkohlen verfügt, die nicht nur zur Deckung des heimischen Bedarfes genügen, sondern auch gestatten, große Mengen Kohlen ins benachbarte Ausland auszuführen. Die fortschreitende Industrialisierung des jungen Staatsgebildes zwang aber sehr bald zu erhöhter Sparsamkeit mit der Kohle und zu Maßnahmen zur weitgehenden Ausnutzung der vorhandenen Wasserkräfte für die elektrische Energieerzeugung. Nach einem Bericht auf der Londoner Weltkraftkonferenz sind in der Tschechoslowakei ausbauwürdige Wasserkräfte von 1 267 000 kW Leistung vorhanden, von denen etwa 9 vH ausgenutzt sind. Diese Wasserkräfte verteilen sich auf die einzelnen Länder wie folgt:

Zahlentafel 1.

Land	Ausgebaut kW	Unausgebaut kW	Zusammen kW
Böhmen	73 600	368 000	441 600
Mähren	11 000	47 800	58 800
Schlesien	5 900	23 500	29 400
Slowakei	22 000	548 000	570 000
Karpathorußland	1 500	165 700	167 200
Insgesamt	114 000	1 153 000	1 267 000

Von diesen Wasserkräften werden gegenwärtig erst etwa 38 000 kW für die elektrische Energieerzeugung ausgenutzt; die Gesamtleistung aller geplanten bzw. im Bau befindlichen Wasserkraftanlagen ist auf ungefähr 485 000 kW zu veranschlagen.

Dem vom Ministerium für öffentliche Arbeiten ausgearbeiteten Plane der einheitlichen planmäßigen Elektrizitätsversorgung der Republik liegt nun, wie Abb. 1 erkennen läßt, der Gedanke zu-

Abb. 1. Das geplante Kraft- und Leitungsnetz der Tschechoslowakei.

grunde, sämtliche größeren Wärme- und Wasserkraftwerke durch ein Hochspannungsnetz zwecks gegenseitiger Unterstützung und Ergänzung zu koppeln[1]). Von den dargestellten 100 kV-Fernleitungen ist die Leitung Seestadtl—Prag (84 km) nahezu ganz fertiggestellt (zwei Leitungsfelder von je drei Kupferseilen und einem Blitzschutzseil). Gegenwärtig ist man mit der Aufstellung der Maschinen beschäftigt, so daß mit den ersten beiden Turbodynamos von je 15 000 kW schon diesen Sommer die regelmäßige Stromversorgung Prags aufgenommen werden kann.

Diese Anlage liegt unmittelbar am staatlichen Hedwigschacht und wird ausschließlich den hier fast kostenlos anfallenden Kohlenstaub und minderwertige Kohle aus einem Tagbau verwerten. Zur Erzeugung einer Kilowattstunde wird man hier etwa 3 kg des minderwertigen Heizmaterials brauchen. Bei etwa 0,6 Heller/kg kostet der Brennstoff für die im Kraftwerk erzeugte Kilowattstunde rd. 1,8 Heller.

Zur Stromversorgung von Prag und Mittelböhmen sowie der hier elektrisch zu betreibenden Bahnen sollen später auch die geplanten Wasserkraftwerke von Stechowitz und Wran herangezogen werden, Abb. 1. Das Wasserkraftwerk Stechowitz an der Moldau mit einer Staustufe von 20 m Höhe wird als Spitzenwerk dienen und als Spitzenwerk ausgebaut werden. Allerdings sind noch die gegen die Ausführung dieses Planes erhobenen Einwände und Bedenken wegen Gefährdung Prags bei einem möglichen Dammbruch der in unmittelbarer Nähe befindlichen Talsperre zu überwinden. Das Wasserkraftwerk Wran wird eine Staustufe von 10 m der Moldau ausnutzen. Wie schon erwähnt, sollen diese Wasserkräfte vorzugsweise die für die Elektrisierung der in Prag einmündenden Eisenbahnlinien notwendige Energie liefern. Es ist hier Verwendung von Gleichstrom mit 1500 V in Aussicht genommen.

Als weitere bemerkenswerte Wasserkraftwerke seien hier noch das Werk Kaaden und die Staustufe der Elbe bei Schreckenstein (Außig) erwähnt. Das Werk Kaaden ist für etwa 5000 kW ausgebaute Leistung bestimmt und nutzt das Egergefälle aus. Mit der Stromlieferung ist unlängst begonnen worden. Das Werk wird besonders für die Stromversorgung Westböhmens Bedeutung erlangen, das heute noch zum Teil, wie auch Nordböhmen, auf den Bezug elektrischer Arbeit aus Deutschland angewiesen ist.

Im Werk Schreckenstein hofft man als mittlere Leistung etwa 17 000 PS zu erhalten. Von weiteren geplanten oder im Bau befindlichen Wasserkraftwerken seien hier nur noch erwähnt der Plan einer Hochdruckanlage bei Bergreichenstein im Böhmerwald (7500 kW), die Errichtung einer Talsperre bei Frain an der Thaya (22 000 kW), mit deren Bau unlängst begonnen wurde und einer ebenfalls in Südmähren gelegenen Talsperre bei Znaim (10 000 kW).

Außerdem sind eine Reihe kleinerer Anlagen für mittlere und kleine Gefälle geplant. Bei den hier in Frage kommenden erheblichen Schwankungen der Wassermenge, die eine Eigenheit der tschechoslowakischen Flüsse darstellt, dürfte die Verwendung der Kaplanturbine, um deren praktische Ausbildung sich besonders die Brünner Turbinenfabrik Ignatz Storek verdient gemacht hat[2]), vielfach in Frage kommen.

Bei Besprechung der tschechoslowakischen Wasserkräfte darf die hier eingeführte Wasserkraftsteuer nicht unerwähnt bleiben. Die Erfahrungen haben erwiesen, daß ihre Einführung vom Standpunkt der Volkswirtschaft ein schwerer Fehler war. Diese verlangt die beschleunigte Ausnutzung der vorhandenen Wasserkräfte; die hierauf zielende Entwicklung wird aber durch die Besteuerung der Wasserkräfte behindert, da die Möglichkeit einer Ersparnis wie bei der Kohlensteuer (durch Einführung sparsamer Wärmewirtschaft, weitmöglichste Verwertung der Abwärme) hier nicht möglich ist. Um die Belastung durch die Wasserkraftsteuer einigermaßen erträglich zu machen, wird seitens der Industrie ein Abbau dieser Steuer sowie eine Vereinfachung des Bemessungsverfahrens verlangt.

Die Verwertung von Abfallwärme bei Wärmekraftwerken zwecks Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ist besonders in der tschechoslowakischen Zuckerindustrie erfolgreich angewendet worden, so in der Nestomitzer Zuckerraffinerie, in der zwei der bekannten Gegendruckturbinen der Ersten Brünner-Maschinenfabriks-Gesellschaft von je 2500 kVA aufgestellt sind[3]).

Hier sei das im Anschluß an das städtische Kraftwerk Außig betriebene Fernheizwerk erwähnt, wobei Anzapfturbinen der Ersten Brünner Maschinenfabrik verwendet werden[4]). Diese Firma baut bekanntlich auch Höchstdruck-Dampfturbinen, wobei nach F. Lösel vollständig neue Wege eingeschlagen wurden[5]).

Bemerkenswert sind auch die Vorschläge, die Windkraft ausgiebiger auszunutzen. Eine solche Anlage ist z. B. unlängst auf dem Kamm des Riesengebirges errichtet worden, wo die Verhältnisse dafür (infolge der Beständigkeit des hier wehenden Windes, des Mangels an Brennstoffen und bei der entlegenen Lage der Bauden) besonders günstig sind.

Zum Schluß sei hier noch kurz auf die Entwicklung des Funkwesens in der Tschechoslowakei eingegangen. Diese hat nicht gleichen Schritt mit der in den Nachbarländern gehalten[6]).

Die bis jetzt hier verwendeten Apparate sind zumeist französischen und englischen Ursprungs, es dürfte sich hier für die deutsche Radio-Industrie noch ein aussichtsreiches Absatzgebiet eröffnen. Aus Abb. 1 ist die Verteilung der vorhandenen und geplanten Sendestationen zu erkennen, wobei noch die Sendestation des Radiojournals in Komarow bei Brünn zu erwähnen wäre. Auch fehlen auf dem Plane die hauptsächlich militärischen Zwecken dienenden Funksender Kaschau und Ungvar, da in der Karte der östliche Teil der Republik wegen seiner geringen industriellen Entwicklung fortgelassen wurde. Unmittelbar überseeische Funkverbindung besitzt die Tschechoslowakei nicht. Die transatlantische Verbindung erfolgt über Telefunken Nauen oder über die von der Marconi-Wireless Company betriebenen Großfunkstation Warschau und Straschnitz b. Prag. [M 8]

Bodenbach a. Elbe. Gustav W. Meyer.

[1]) Vergl. die Veröffentlichung des Verfassers in der ETZ Band 45 (1924) Heft 45 S. 1208.

[2]) vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 1145.

[3]) s. Z. Bd. 67 (1923) S. 1163, Archiv für Wärmewirtschaft 1924 Heft 5; vergl. a. Z. Bd. 68 (1924) S. 671.

[4]) „TRUA" 1923 S. 177 und 205.

[5]) Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 1145 und „TRUA" 1924 S. 213.

[6]) Vergl. „Radio-Rundschau" 1924 S. 117.

Die Lösung der Fragen der Zahnflankenberührung. [1])

Von Prof. Dr. techn. R. Doerfel, Brünn.

Bei elastischer Anstrengung beanspruchter Körper entstehen Dichteströme und Verdrehungsströme, die den Strömungsgesetzen unzusammendrückbarer Flüssigkeiten folgen. Strömungsversuche am durchsichtigen Modell des Körpers mit Einlauföffnungen, die dem Fluß der äußeren Kräfte entsprechen, ergeben den Dichteverlauf und den Verlauf der Verdrehung (nicht Schiebung) als Potential und Strom. Dichtewellen und -wirbel zeigen sich durch Schallwirkung und durch Zerstörungen.

Es besteht die Möglichkeit, eine Reihe von Fragen, darunter die Festigkeitsfrage der linearen Berührung, einer einfachen, anschaulichen Lösung zuzuführen.

Die Beanspruchungen eines Trägers oder eines Konstruktionsteiles werden nur selten in der nächsten Nähe der Angriffpunkte der Kräfte betrachtet. Sie werden entweder als unendlich groß bezeichnet, oder aber man nimmt eine endlich große Berührungsfläche an, längs deren eine willkürliche Druckverteilung vorausgesetzt wird. Für gewöhnlich wird die Berührungsstelle überhaupt aus der Untersuchung ausgeschieden, indem die Stelle als irgendwie abgegrenzt angenommen und die Untersuchung erst jenseits der Grenze begonnen wird.

Auf Grund der Erfahrung mit Zahnrädern, Rollen- und Kugellagern besteht jedoch die berechtigte Hoffnung, daß die Baustoffanstrengungen an der Berührungsstelle durchaus nicht immer zur allmählichen Zerstörung der Berührungsstelle führen müssen, sondern daß bei geeigneter Wahl der Krümmungen und der Flächenglätte, dank der elastischen Nachgiebigkeit, der Baustoff sogar z u l ä s s i g beansprucht wird. Es ist z. B. unglaubwürdig, daß auch die leichteste Stahlkugel auf einer weicheren Eisenplatte einen bleibenden Eindruck hinterläßt, der Eindruck beginnt sich vielmehr erst von einer bestimmten Belastung an zu zeigen.

In den folgenden Zeilen soll nun gezeigt werden, auf welche Weise es möglich sein kann, auf dem Versuchswege eine völlige Klärung dieser Frage zu erzielen. Der Gedankengang[2]) bietet Gelegenheit, die mathematische Festigkeitslehre in anschaulicher, dem Ingenieur verständlicher Form zu behandeln, und zwar beschränkt auf die Frage der linearen Berührung, wie sie bei der Berührung von zylindrischen Walzen und zylindrischen Zahnrädern vorliegt. Von Vorteil ist, daß man die Untersuchung nur für einen scheibenförmigen Körper vorzunehmen braucht, den man im Querschnitt senkrecht zur Zylinderachse herausgeschnitten denkt. Die Dicke der Scheibe kann beliebig sein. Die Scheibe läßt sich auf ein ebenes Zeichenblatt aufzeichnen, und alle Untersuchungen und Rechnungen beziehen sich nur auf diese Ebene. Man kann der zeichnerischen Darstellung in einer Ebene besser folgen als Vorgängen im Raum; es ist jedoch wichtig, im folgenden streng auf den geometrischen Sinn der mathematischen Sätze zu achten.

Die Rechnung folgt dem gleichen Wege, den die Versuchserfahrung vorzeichnet und der auch dem Zweck der Festigkeitsuntersuchungen entspricht.

Der Zweck der Festigkeitsversuche und Rechnungen ist, die Materialbeanspruchungen kennen zu lernen, um die höchsten Beanspruchungen zu finden und um zu beurteilen, ob sie zulässig sind. Die Spannungen selbst kann man unmittelbar nur durch Belastungs- und Zerreißversuche messen, indem man die Belastung durch Gewichte, Wasserdruck und dergl. ersetzt. Im allgemeinen und bei weniger übersichtlichen Belastungsfällen sind jedoch die Spannungen unsichtbar und nicht meßbar, während ihre Wirkungen, die Dehnungen, sichtbar und meßbar sind. Der Zerreißversuch am zylindrischen Stabe hat den physikalischen Zusammenhang zwischen Dehnungen und Spannungen ergründet, so daß es mit Hilfe der vier von ihm abgeleiteten Gesetze möglich ist, aus den Dehnungen die Spannungen zu berechnen, und bei gleichförmiger Belastungsverteilung, also bei allen Anstrengungen, die sich unmittelbar mit dem Zerreißversuche vergleichen lassen, auch aus den Spannungen die Dehnungen.

Diese vier Gesetze sind:

1. Das Hookesche Proportionalitätsgesetz:
„Dehnungen und Spannungen sind verhältnisgleich."
2. Das Querwirkungsgesetz:
„Unter dem Einflusse von Spannungen weicht der Baustoff quer zur Spannung aus, sofern er nicht daran gehindert ist. Die Veränderung beim Ausweichen verhält sich zur Verformung in der Richtung der ursprünglichen Spannung wie $\frac{1}{m}$, worin m die Poissonsche Querwirkungszahl ist. Für gewöhnlich wird $m = 3$ bis 4, meist $= \frac{10}{3}$ angenommen.
3. Das Überlagerungsgesetz:
„Die Wirkungen verschiedener Belastungen kann man zusammenzählen."
4. Der Gleichgewichtsatz:
„Äußere und innere Kräfte sind im Gleichgewicht."

Die Dehnungen werden gemessen durch Vergleich der Abmessungen des verformten Gegenstandes mit dem ursprünglichen. Ein auf den Körper gezeichnetes Netz, mit feinen quadratischen Maschen, verwandelt sich bei der Verformung in ein Netz von schiefwinklig gekreuzten Kurven. Ein um einen beliebigen Beobachtungspunkt beschriebener Kreis geht nach der Verformung in eine leichtgekrümmte Eiform über. Um solche Verformungen messen zu können, müssen die Netze und Kreise meßbar groß gezeichnet werden. Die Mathematik hingegen denkt sich diese Zeichnungen beliebig klein; dies hat den Vorteil, daß der Spannungszustand im Element als gleichförmig und so wie beim Zerreißversuch angenommen werden kann. Damit wird es möglich, aus den Kräften die Spannungen und aus den Spannungen die Elementardehnungen zu bestimmen. Diese Dehnungen liefern dann die äußere Form der Netzmaschen nach der Verformung und damit die Bausteine, aus denen der verformte Körper gleich einem Mosaikbilde durch Integration zusammengesetzt werden kann.

Es sei nun ein solches kleines Quadrat betrachtet, das durch eine Netzmasche gebildet und zum krummlinigen Trapezoid verformt wird. Es hat natürlich auch eine bestimmte größere Verschiebung im ganzen erfahren, wenn es nicht ausnahmsweise gerade an einem festen Punkt liegt.

Diese Verformung und Verschiebung sei nun in gewohnter Weise schrittweise zustandegekommen gedacht. Das Quadrat verschiebt sich um eine bestimmte Strecke $\overline{v}$ mit den Komponenten ξ und η. Sodann dreht es sich um den Winkel $\frac{1}{2}\,\omega$, dann schwillt es zu einem $\left(1 + \frac{e}{2}\right)$ mal größeren Flächeninhalt an. Bisher ist das Quadrat immer noch Quadrat geblieben. Nun verändern sich die rechten Winkel, so daß ihr Unterschied paarweise einen Winkel χ ausmacht, und aus dem Quadrate wird ein Rhombus. Dann wird der Rhombus zum Parallelogramm verzogen, wobei sich aber sein Flächeninhalt nicht ändert.

Bei Niederschreiben in der Schreibweise der Differentialrechnung muß darauf geachtet werden, daß von einer Fläche gesprochen wird, daß daher z w e i u n a b h ä n g i g e Veränderliche x und y vorhanden sind, daß deswegen die Quadratseiten, trotzdem sie gleich groß sind, doch verschieden, nämlich mit dx und dy bezeichnet werden müssen. Betrachtet man nun die vier partiellen Diffe-

[1]) Die Abhandlung verfolgt den Zweck, an dieser Stelle um Mitarbeiter zu werben und womöglich eine der großen Hochschul- oder Industrieversuchsanstalten anzuregen, die Versuche wirklich durchzuführen, die sich aus den folgenden Erkenntnissen ergeben.

[2]) Vergl. A. Föppl, Vorlesungen über techn. Mechanik, und „Hütte" 24. Aufl.

rentialquotienten der Verschiebungskomponenten ξ und η, so erkennt man in ihnen die beiden Tangenten der verformten Netzkurvenscharen $\frac{\partial \xi}{\partial y}$ und $\frac{\partial \eta}{\partial x}$, und die Dehnungen der Quadratseiten $\frac{\partial \xi}{\partial x}$ und $\frac{\partial \eta}{\partial y}$. Die paarweisen Summen und Unterschiede haben eine besondre Bedeutung:

$$\left.\begin{aligned}
&\text{Es ist die mittlere Drehung:}\dots\ \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \xi}{\partial y}-\frac{\partial \eta}{\partial x}\right)=\frac{1}{2}\,[\mathrm{rot}\,\overline{v}]=\frac{1}{2}\,\omega,\\
&\text{die mittlere Dehnung:}\ \dots\ \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \xi}{\partial x}+\frac{\partial \eta}{\partial y}\right)=\frac{1}{2}\,\mathrm{div}\,\overline{v}=\frac{1}{2}\,e,\\
&\text{die Winkelschiebung:}\dots\ \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \xi}{\partial y}+\frac{\partial \eta}{\partial x}\right)=\frac{1}{2}\,\overline{\chi}\\
&\text{und die einseitige Verformung:}\ \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \xi}{\partial x}-\frac{\partial \eta}{\partial y}\right)=\frac{1}{2}\,\overline{\mathrm{Diff}\,\varepsilon}\ ^{1)}
\end{aligned}\right\}\quad(1).$$

In den beiden oberen Zeilen steht auch die vektorielle Schreibweise (siehe Hütte 24. Auflage Bd. 1 S. 143 u. f.). Die beiden Größen sind sogenannte Skalare oder richtungslose Größen, weil die Mittelwerte rund um einen Punkt herum in allen Richtungen betrachtet richtungslos sind, das liegt ja im Begriffe dieses Mittelwertes. Die letztgenannten hingegen sind keine Mittelwerte, sondern Unterschiede, denn sie haben den Mittelwerten entgegengesetzte Vorzeichen. (Die Drehung hat das Vorzeichen — statt +, weil sich die x-Achse positiv, d. h. umgekehrt wie ein Uhrzeiger und wie die y-Achse dreht.) Sie sind deswegen gerichtete Größen und ändern sich, wenn man das Achsenkreuz dreht. Es handelt sich um Dehnungen oder um Verkürzungen, die man als negative Dehnungen betrachtet. Eine gedehnte Strecke bleibt immer positiv gedehnt, ob man sie im positiven Sinn, z. B. von links nach rechts, oder im negativen Sinn (von rechts nach links) betrachtet. Man durchläuft deswegen, wenn das Achsenkreuz gedreht wird, bei einer vollen Umdrehung je zweimal die größte und die kleinste Dehnung, dies liegt im Begriffe der Dehnung und Spannung begründet.

Der kleine Kreis, der leicht gekrümmte Eiform annahm, läßt sich annähernd durch eine möglichst angeschmiegte Ellipse ersetzen, die irgendwie schief in der Querschnittebene liegt. Um sie kann man entsprechend den konjugierten Durchmessern Parallelogramme und den Hauptachsen nach ein Rechteck legen, die den Verzerrungen der Netzmaschen ebenso angenähert sind wie die Ellipse dem verformten Kreis. Es kommt natürlich darauf an, wie das Netz auf den Querschnitt gelegt wird, damit ein Rechteck oder nur ein Parallelogramm aus einer bestimmten Netzmasche wird. Die Ellipse bietet also ein einheitlicheres, klareres, vor allem aber ein eindeutiges Bild. Sie ist durch die Vergrößerung, durch das Achsenverhältnis und durch die Achsrichtung unabhängig von dem Koordinatennetz bestimmt. Eine solche Ellipse zeigt Abb. 1. Der Kreis geht Schritt für Schritt in sie über, wenn er verschoben, gedreht, vergrößert und einseitig gezerrt wird. Eine Ellipse kann aber auch durch eine Vorrichtung beschrieben werden, an deren langem Kurbelarme sich um den Kurbelzapfen eine kurze Gegenkurbel gegenläufig dreht.

1) $\frac{1}{2}$ Diff. ε soll andeuten, daß es sich um den kreuzweise auftretenden Unterschied der Dehnungen handelt.

Abb. 1. Dehnungsellipse.

Die Pfeile in Abb. 1 bedeuten die wechselnden Lagen dieser Gegenkurbel. Die große Kurbel hat eine Länge vom $\left(1 \pm \frac{e}{2}\right)$-fachen ursprünglichen Kreishalbmesser und die kleine eine Länge gleich dem Unterschiede der Halbachsen. Man erreicht daher jeden Punkt des Ellipsenumfanges von seiner ursprünglichen Lage am parallel verschobenen Kreis aus:

1. durch die unveränderliche Drehung $\frac{\omega}{2}$ auf dem ursprünglichen Kreis in Richtung der Tangente;
2. durch unveränderliche Verschiebung $\frac{e}{2}$ in Richtung des Halbmessers und
2. durch die schräge, berichtigende Schiebung $\frac{1}{2}\,\chi_{max}$ in Richtung des Gegenkurbelpfeiles, dessen Länge zwar unveränderlich ist, dessen Richtung jedoch mit der Lage des Punktes auf dem Kreisumfange wechselt. An den Hauptachsen der Ellipsen liegt die Gegenkurbel in Richtung des Halbmessers, wobei sie ihn verlängert oder verkürzt.

Abb. 2 zeigt in $\overline{\Omega O}$ die Drehung $\frac{1}{2}\,\omega$, in $\overline{OM}$ die Dehnung $\frac{1}{2}\,e$ in Richtung des Halbmessers und durch den Kreis um M die wechselnden Lagen der Pfeilgegenkurbel. Diese Abbildung ist das dem Maschineningenieur wohlbekannte Drehexzenterbild, das mit dem in Abb. 1 erläuterten Getriebe identisch ist und zum Aufzeichnen der angenäherten Deformationsellipse dienen kann. Der Exzentermittelpunkt Ω ist die ursprüngliche Lage am Kreise. Die Strahlen nach dem Umfange sind Deformationswege jedes Nachbarpunktes des Beobachtungspunktes. Punkte, die zueinander um 90° verschieden liegen, sind im Diagramm auf demselben Durchmesser zu finden, also unter 180°. Alle möglichen Linienzüge von Ω nach O und weiter bis zum Kreisumfang zeigen Komponentenzerlegungen des unmittelbaren Deformationsweges. Man kann die Zerlegung daher auch in eine wagerechte (Dehnung) und in eine senkrechte Komponente (Drehung) vornehmen. Betrachtet man diese Zerlegung für die Nachbarpunkte des beobachteten in den Richtungen x und y, so ergibt sich eine wagerechte Komponente von der Länge $\overline{OX}$ für x und $\overline{OY}$ für y. Die senkrechten Komponenten aber haben die Längen $(\overline{\Omega O}+\overline{XX'})$ und $(\overline{\Omega O}+\overline{YY'})$. Die Dehnungen erscheinen wagerecht und die Drehungen senkrecht. Sie stellen die vier partiellen Differentialkoeffizienten dar, was eine einfache Überlegung des geometrischen Zusammenhanges sofort bestätigt, wenn man die Nachbarpunkte als Ecken des Netzmaschenquadrates betrachtet. Man erkennt an der Hand von Gl. (1), daß die Pfeilhöhen XX' und $YY' = \frac{1}{2}\,\chi$ sind. Sie stellen Schiebungen dar, die zu Schubspannungen veranlassen. Die

Abb. 2. Dehnungskreis.

$OM = \frac{1}{2}(\varepsilon_x + \varepsilon_y)$ $OX = \varepsilon_x$ $OA = \varepsilon'$
$XY = \varepsilon_x - \varepsilon_y$ $OY = \varepsilon_y$ $OB = \varepsilon'$
$AOB = X_{max}$

Strecke $\overline{AB}$ ist der größte Dehnungsunterschied, der das Ellipsenachsenverhältnis bestimmt und gleichzeitig die der größten Schubspannung entsprechende größtmögliche Schiebung angibt; sie liegt in Abb. 2 unter 90°, demnach in Wirklichkeit unter 45° zu den Hauptdehnungen. Alle diese Zusammenhänge ergeben sich durch geometrische Differentiation des kleinen Originalkreises um den Beobachtungspunkt nach Abb. 2. Einen ähnlichen Zusammenhang zwischen den Spannungen kennt man bereits in den sogenannten Mohrschen Spannungskreisen.[1])

Die Darstellung, Abb. 2, fehlte bisher in den Fachschriften. Sie fußt auf den geometrischen Tatsachen der relativen Verformungswege und bringt den Zusammenhang von Dehnungen und Spannungen zum Ausdruck, alles als eine reine Ableitung aus der angenäherten Verformung des Kreises zur Ellipse. Man kann von der ersten Annäherung sprechen, weil hierin nur die ersten Differentialquotienten vorkommen. Die elastischen Grundgleichungen (2) beruhen auf dem Hookeschen, dem Poissonschen und dem Überlagerungsgesetz.

$$\left.\begin{aligned} &E\frac{\partial \xi}{\partial x} = \sigma_x - \frac{1}{m}(\sigma_y + \sigma_z);\; \sigma_x = 2G\left[\frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{1}{m-2}e\right] \\ &E\frac{\partial \eta}{\partial y} = \sigma_y - \frac{1}{m}(\sigma_z + \sigma_x);\; \sigma_y = 2G\left[\frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{1}{m-2}e\right] \\ &E\frac{\partial \zeta}{\partial z} = 0; \qquad \sigma_z = 2G\frac{1}{m-2}e \\ &e = \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial y} = \operatorname{div} \overline{v} \end{aligned}\right\} \quad (2).$$

$$\tau_{xy} = G\chi = G\left(\frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial x}\right);\; \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0$$

$$\omega = \frac{\partial \xi}{\partial y} - \frac{\partial \eta}{\partial x}, \text{ s. Gl. (1).}$$

In Abb. 2 hat sich gezeigt, daß die Komponenten des relativen Verformungsweges zweier Nachbarpunkte stets in der Verbindungslinie und senkrecht dazu gedacht werden können. Diese sind aber je eine Dehnung und eine Schiebung und nicht zwei zueinander senkrechte Dehnungen oder Schiebungen. Weil nun die Schiebungen Schubspannungen erzeugen, und die Dehnungen Spannungen, so kann auch umgekehrt eine jede beliebige Spannung auf eine Fläche schräg zu ihr wirkend gedacht und zu diesem Zweck in zwei Komponenten zerlegt werden, in eine Normalspannung und eine Schubspannung. Die Spannungen in den Achsenrichtungen sind aber keine Spannungskomponenten, sondern zwei Normalspannungen auf zu einander senkrechten Flächen. Die Schubspannung in ihnen ist aber, weil sie in zueinander senkrechten Flächen wirkt, dieselbe, denn man kann sie jederzeit durch eine resultierende Diagonalspannung ersetzen. Mit diesen Gleichungen kann man aber nur dann etwas anfangen, wenn man die Spannungen kennt und die Dehnungen suchen will oder umgekehrt. Zur Berechnung der äußeren Kräfte genügen sie noch nicht. Auch das Gleichgewicht am kleinen Körperelement ist noch nicht angegeben. Hierzu reicht die erste Annäherung nicht aus.

Auf jede Quadratseite wirkt allgemein eine innere Normalspannung und eine Schubspannung, die sich an gegenüberliegenden Seiten das Gleichgewicht halten. Wirkt jedoch ein einseitiger äußerer Einfluß, so bestehen zwischen gegenüberliegenden Seiten gewisse Spannungsunterschiede, die man durch gewisse partielle Differentialquotienten nach den betreffenden Richtungen darstellen kann. Weil aber auch zwischen den Spannungszunahmen Gleichgewicht herrschen muß, müssen sich die gleichgerichteten Komponenten, je eine Normal- und eine Schubspannung, das Gleichgewicht halten. Während aber die Spannung selbst durch erste Differentialquotienten ausdrückbar ist, bringt die Änderung natürlich die zweiten Differentialquotienten von ξ und η in die Rechnung. Mit Rücksicht darauf, daß bereits vier erste partielle Differentialquotienten vorkamen, bringt die zweite Differentiation sechs zweite partielle Differentialquotienten, deren Bedeutung unten erörtert werden soll.

[1]) Vergl. „Hütte" 24. Auflage Bd. I S. 161, 162 „Tensorrechnung".

Längsrichtung

RZ384Z3

Abb. 3 und 4. Verformtes Element.

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau}{\partial y} = 0;\; \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} + \frac{m}{m-2}\frac{\partial e}{\partial x} = 0 \\ &\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau}{\partial x} = 0;\; \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + \frac{m}{m-2}\frac{\partial e}{\partial y} = 0 \\ &\text{Vektoriell: } \operatorname{div}\operatorname{grad} v + \frac{m}{m-2}\operatorname{grad}\operatorname{div}\overline{v} = 0 \end{aligned}\right\} \quad (3).$$

Es sind also von ξ und η je drei zweite partielle Differentialquotienten vorhanden, und zwar nach x^2, $x\,y$ und y^2. Sie wirken auf das Parallelogramm derart, daß sie es rhomboidisch zum beliebigen Viereck verzerren, ohne jedoch die Seiten zu krümmen.

Die Wirkungen der neuerlichen Verformungen des zweiten Grades seien jedoch der Übersichtlichkeit wegen nicht am Parallelogramm, sondern unmittelbar am Quadrat vorgenommen, Abb. 3 und 4. Die Dehnungsänderung in der Längsrichtung erzeugt an der einen Quadratseite eine Baustoffverdichtung, an der andern eine Verdünnung; hierdurch muß sich der gedachte Mittelpunkt des Elementes exzentrisch verschieben, wir können daher die beiden Quotienten $\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2}$ und $\frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2}$, um sie zu kennzeichnen, auch Exzentrizitäten nach x und y nennen. Die Dehnungsänderung in der Querrichtung ist gleichbedeutend mit der Schubänderung in der Längsrichtung und macht aus dem Quadrat ein Trapez. Man kann die Werte $\frac{\partial^2 \xi}{\partial x \partial y}$ und $\frac{\partial^2 \eta}{\partial x \partial y}$ Konizitäten nach x und y nennen. Die Schubänderungen quer zur Schubrichtung führen zu Krümmungen, ihre reziproken Werte ergeben die Krümmungshalbmesser. Weil aber bei den andern Ableitungen noch nicht von krummen Seiten die Rede ist, so muß man sich die betreffende Seite geknickt vorstellen. Die schrägen Trapezseiten schneiden sich im allgemeinen bei elastischen Körpern nicht im Krümmungsmittelpunkt, wodurch die einseitige Verdichtung zustande kommt. Setzt man in Gl. (3) die Werte für e ein, so ergibt sich

$$(2m-2)\,\mathrm{Exz}_x + (m-2)\,\mathrm{Krm}_x + m\,\mathrm{Kon}_y = 0 \quad (3a)$$

je für x und y.

Differenziert man e und ω partiell nach x und y, so sieht man weiter den Zusammenhang von e und ω und erkennt die Möglichkeit, den sogenannten Laplaceschen Operator $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ einzuführen.

$$\left.\begin{aligned} &\frac{m-1}{m-2}\frac{\partial e}{\partial x} = -\frac{1}{2}\frac{\partial \omega}{\partial y};\; \frac{\partial e}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial y} = \nabla^2 \xi \\ &\frac{m-1}{m-2}\frac{\partial e}{\partial y} = \frac{1}{2}\frac{\partial \omega}{\partial x};\; \frac{\partial e}{\partial y} - \frac{\partial \omega}{\partial x} = \nabla^2 \eta \end{aligned}\right\} \quad (4).$$

Der Operator zeigt die Summe von Exzentrizität und Krümmung, die Gleichungen den Zusammenhang der Änderung der Flächendehnung und der Drehungsänderung quer dazu. Durch Zunahme der mittleren Drehung in einer Richtung entsteht eine Zunahme der Flächendehnung in der Richtung senkrecht dazu. (Bei Wasser ist $m = 2$ und $e = 0$, deswegen $\mathrm{Krm}_x = -\mathrm{Kon}_y$, d. h. die Trapezseiten schneiden sich im Krümmungsmittelpunkt, und $\nabla^2 \xi$ und $\nabla^2 \eta$ sind null.)

Abb. 5. Stromlinien.

Auch die zweite Annäherung führt nur bei einfachen Aufgaben zur Lösung. Nur in wenigen Fällen lassen sich die verformten Querschnitte aus kleinen Vierecken mit geraden oder geknickten Seiten wiederaufbauen und damit integrieren.

Die Unterschiede gegen die endgültige, beliebige, krummlinig begrenzte Viereckfläche der wirklichen Verformung sind noch zu groß, es klaffen Lücken, die den Zusammenhang stören. Deswegen muß zu einer weiteren Verbesserung geschritten werden, indem die Seiten parabolisch gekrümmt und besser angeschmiegt werden. Es ist nun noch zu beweisen, warum die parabelförmige Krümmung die nächste Annäherung gibt. Die Annäherung kann durch Aufbau einer Taylorschen Reihe zustandekommen, deren Glieder den steigenden Genauigkeitsgraden entsprechen.

Das erste Berichtigungsglied enthält die erste Ableitung und den Beiwert 1, es erreicht den Nachbarwert nur annähernd durch die Tangente. Das zweite berichtigt die Tangente durch den Mittelwert des Unterschiedes zwischen Tangente und Nachbartangente. Diesem Mittelwert entspricht der Beiwert $^1/_2$. Der Mittelwert ist aber linear genommen worden und muß weiter berichtigt werden. Das nächste Berichtigungsglied hat den Beiwert $^1/_6$. Der Mittelwert der Dreieckfläche (lineares Wachstum) ist $^1/_2$, der der eingeschriebenen Parabelfläche $^1/_3$ und der des Unterschieds zwischen Dreieck- und Parabelfläche daher $^1/_6$.

Also auch die dritte Annäherung ergibt sich durch Differentiation aus der zweiten. Die Gleichungen (4) werden differentiert und die beiden linksstehenden mit verändertem Vorzeichen in der oberen erneut niedergeschrieben.

$$\left.\begin{array}{l} -\dfrac{m-1}{m-2}\dfrac{\partial e}{\partial x}=\dfrac{1}{2}\dfrac{\partial \omega}{\partial y}; \quad \dfrac{\partial^2 e}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2 e}{\partial y^2}=0 \\ +\dfrac{m-1}{m-2}\dfrac{\partial e}{\partial y}=\dfrac{1}{2}\dfrac{\partial \omega}{\partial x}; \quad \dfrac{\partial^2 \omega}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2 \omega}{\partial y^2}=0 \end{array}\right\} \quad . \quad . \quad (5).$$

Nun haben die Gl. (5) aber eine auffallende Ähnlichkeit mit den bekannten Gleichungen der Hydraulik für das Potential Φ und die zugehörige Stromfunktion Ψ (s. „Hütte" 24. Auflage Bd. 1 S. 415)

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x}=\frac{\partial \Psi}{\partial y}; \quad \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2}=0$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial y}=-\frac{\partial \Psi}{\partial x}; \quad \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2}=0.$$

Ja, die Gleichungen (5) gehen sogar in die Potentialgleichungen über, wenn

$$-\frac{m-1}{m-2}\,e=\Phi$$

und

$$\frac{1}{2}\,\omega=\Psi$$

gesetzt werden. Das Gleichnis erscheint vollkommen und wahrscheinlich, wenn die verhältnisgleiche Abhängigkeit zwischen Druck und Volumendehnung berücksichtigt wird.

Das negative Vorzeichen deutet auf Druckpotentialwirkung hin. Es schadet dem Gleichnis nicht, daß in der Potentialgleichung das Geschwindigkeitspotential gedacht ist, denn bei gleichem Geschwindigkeitspotential herrscht in reinen Flüssigkeiten auch ein gleiches Druckpotential, wenn die Druckhöhe unwesentlich ist.

Eine äußere Einwirkung, die auf den Baustoff volumenvermindernd, also zusammendrückend einwirkt, und zwar nicht gleichförmig wie beim Druckversuch, sondern derart, daß sich die Druckwirkung fächerförmig ausbreitet oder umgekehrt einschnürt, bewirkt also, daß sich der Baustoff quer dazu zunehmend oder abnehmend verdreht. Flächendehnung und Drehung, d. s. mittlere Dehnung und mittlere Drehung, verhalten sich zueinander wie Potential und Stromfunktion. Wird der Baustoff in irgendeiner Richtung von außen **beeinflußt, so weicht er, sich drehend, quer dazu aus.** Im Querschnitte sind Linien gleicher Flächendehnung oder Einschnürung auch Linien gleicher Dichte, gleichen mittleren Druckes, und auch im Flüssigkeitsgleichnis gedachter gleicher Geschwindigkeit, kurz und gut Potentiallinien, Linien gleichen Potentiales, und die senkrechten Trajektorien zu ihnen sind die Stromlinien, die Stromfäden und bezeichnen die Orte gleicher mittlerer Drehung. Der Querschnitt erscheint also mit einem Netz von Stromlinien und Potentiallinien überzogen, so wie eine Landkarte mit Schichten- und kürzesten Gefällelinien.

Hieraus ergibt sich der glückliche Gedanke, diese Linien in einem von Flüssigkeit wirbellos durchströmten Modell wirklich zu erzeugen, das aus durchsichtigen Glasplatten mit dazwischenliegendem Hohlraum besteht. Die Stromlinien lassen sich dann durch gefärbte Wasserstreifen sichtbar machen und photographisch festhalten. Einen solchen Strömungsversuch haben Hele Shaw und W. M. Thornton zum Nachweise des Kraftlinienflusses in Nuten und Spalten des Ankers elektrischer Maschinen ausgeführt[1]), wobei die Abbildungen vorzüglich gelungen sind.

Ohne noch über einen Versuch zu verfügen, habe ich im folgenden an zwei Beispielen versucht, zu schätzen, wie das Versuchsergebnis ungefähr ausfallen könnte.

In Abb. 5 ist der Querschnitt durch eine zylindrische Walze abgebildet, die in Trioanordnung oben und unten von je einer gleichgroßen Walze gedrückt sei.

Weil alle drei Walzen gleich groß, gleich fest und gleich elastisch sind, so hat keine vor der andern etwas voraus, und die betrachtete Berührungsstelle plattet sich nach einer wagerechten, kurzen Geraden ab, während die senkrechte und die wagerechte Achse unverändert senkrecht und wagerecht bleiben. Die Achsen teilen das Bild in vier symmetrische Teile. Deswegen bleiben auch die Normalen in nächster Nachbarschaft der Achsen nach der Verformung senkrecht zu ihrer Achse, und längs der Achsen ist die mittlere Drehung null. Der Einfluß der äußeren Beanspruchung erfolgt im wagerecht abgeplatteten Teile des Walzenumfanges. Im Strömungsbild ist nur die ursprüngliche, nicht die endgültige Form, maßgebend. Hierbei ist folgende Tatsache bemerkenswert: daß nämlich der Übergang der geraden Stelle in eine beliebig gekrümmte dort, wo sich die beiden Walzenmäntel von einander ablösen, unstetig ist. Es ist zwar sicher keine scharfe Ecke, aber es ist nicht gewiß, ob sich die gerade Linie ähnlich wie bei einem Wendepunkt einer Sinuslinie allmählich krümmt oder im Übergangspunkte plötzlich abbiegt. Diese Unstetigkeit im Krümmungsverlauf des Walzenmantels kann man im Flüssigkeitsversuch instinktmäßig durch dünne Düsenwände ausdrücken, die den Einlauf begrenzen. Diese Behauptung ist unbewiesen, hat aber viel Wahrscheinlichkeit für sich. Noch etwas läßt sich erwarten, nämlich, daß die Neigung der Einlaufdüsenwände vom Krümmungshalbmesser der gegenüberliegenden Walze abhängig ist. Die Wand in Richtung des Halbmessers entspricht wahrscheinlich dem gleichgroßen Durchmesser, während die parallelwandige Düse einer die Walze berührenden ebenen Platte entsprechen muß, denn wie sollten bei der ebenen Berührung sonst die Düsenwände gegeneinander geneigt sein? Die Berührung mit einer Platte strengt die Walze gewiß weniger an, noch weniger eine hohle lagerartige Fläche. Die Düse muß sich bei hohler Berührung trompetenartig erweitern, bis sie bei der Passung im Kaliberring, also bei umschnürter Walze, über-

[1]) „Electrician" 1905/6 S. 959.

haupt in den Walzenmantel übergeht und gleichzeitig verschwindet. Für die kleineren Krümmungshalbmesser der Gegenwalzen bleibt sonach nur noch die sich über das radiale hinaus abstumpfende Düsenform. Es ist möglich, daß die Düse für den Grenzfall der Punktbelastung mit der Last null in die wagerechte Tangente übergeht, die keinen Flüssigkeitseinfluß gestattet. Voraussichtlich wird sich also die heute übliche Darstellung der Frage der Walzenberührung als unscharf ergeben.

Die Unstetigkeitsstelle hat augenscheinlich an der ganzen Walze die größtmögliche Drehung aufzuweisen, weil sie der Entfernung von der Achse entsprechend geneigt war und nach der Verformung wagerecht wurde. In ihr ist bestimmt kein Flächendruck mehr vorhanden, die Volumenänderung kommt also nur von der Tangentialspannung her, diese ist deswegen eine Hauptspannung ohne Schubspannungskomponente. Weil daher der Halbmesser nach der Verformung zum Walzenmantel senkrecht bleibt, bestätigt sich die Annahme der radialen Düse.

Was immer an Flüssigkeit aus der Düse ausläuft, muß über die schräge Linie zwischen der Unstetigkeitsstelle und dem Walzenmittelpunkt fließen, denn die Achsen sind für die Strömung undurchdringlich. An ihnen strömt die Flüssigkeit längs einer Begrenzung. Die Stromfunktion ist null. Die schräge Linie hingegen muß eine Potentiallinie sein und in die Düse übergehen. Sie ist wahrscheinlich eine gerade Linie in Richtung des Walzendurchmessers. Ihr Verlauf im Walzenmittel ist eigentlich unwesentlich, und am Walzenrande verläuft sie bestimmt radial. Nun kann man sich aber bei jeder Potentialströmung auch eine Strömung vorstellen, die den Potentiallinien folgt und sie zu Stromlinien macht, während die vormaligen Stromlinien Potentiallinien werden. Infolgedessen muß diese vorerwähnte Linie die letztgenannte Strömung in zwei unabhängige Teile teilen, einen Strom im Keile der Düse und einen in der übrigen Walze seitlich davon. In Abb. 6 und 7 ist der Versuch gemacht, das Bild der Potential- und Stromlinien räumlich darzustellen. Man sieht an den Berührungsstellen einen Verdichtungsberg, der an den Druckkegel gemahnt, der bei Druckversuchen entsteht. Je kleiner der Durchmesser der Gegenwalze wäre, desto weniger würde sich die Verdichtung im Walzenmittel bemerkbar machen. Die abgeschlossene Strömung im Keile vor der Düse tritt beispielsweise links von der Achse ein, überströmt die Achse und tritt rechts von ihr wieder aus. Beim Versuche müßte also in der Düse eine Mittelwand stehen. Der Einlauf durch die im konjugierten Strömungsfall undurchdringlichen Wände erfolgt senkrecht zur Wand. Betrachtet man den Strom durch die wagerechte Achse, so erkennt man, daß die Stromfäden asymptomisch zu der schrägen Scheidewand liegen und daß sich vor der Düse eine Art Staugebiet bildet. Diese Erwägungen machen das Gleichnis noch anschaulicher.

In Abb. 8 ist das Strömungsbild innerhalb der Umrisse einer Evolventenverzahnung skizziert worden. Es sind zwei Einlaufdüsen vorhanden, eine große rechts und eine kleine links. Die große befindet sich an der Arbeitsflanke des Zahnes, die kleine stützt den Zahn an der Rückflanke. Bei der großen Düse sind die Wände stark abgeschrägt, weil die Evolvente mit einem kleinen Krümmungshalbmesser zusammenarbeitet. Wirkte sie mit der gleichen Krümmung zusammen, so würden die Düsenwände den Wälzkreis berühren. Die mittlere Richtung der Düse liegt schräg, weil

RZ384Z8

Abb. 8. Zahneingriff.

die Evolvente wechselnde Krümmung hat. Deswegen ist auch vorauszusetzen, daß die Strömung im Düsenstau mehr oder weniger unsymmetrisch verläuft und nur bei gleichen Krümmungen beiderseits die Eingrifflinie die Scheidewand in der Düse selbst bildet. Der Abfluß von der Düse weg weicht dem Radkranz und dem Abfluß der kleinen Düse asymptotisch aus. Die konjugierte Strömung tritt senkrecht durch den Radkranz ein und bildet vor den Düsen Staugebiete. Man sieht deutlich, wie hierdurch eine neutrale Zone in der Mitte des Zahnes entsteht. Dort, wo sich die konjugierten Ströme kreuzen, herrschen die größten Schubspannungen. Eine solche Linie ist im Düsenstau der Walze, Abb. 5, eingezeichnet. An der Stelle, wo sie aus dem Walzenmantel austritt, ist die Summe der beiden ebenen Spannungen $\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right) = \sigma_n$ gleich der Normalspannung. Dieser Punkt liefert also aus dem Wert e sogleich den absoluten Betrag des Flächendruckes. Man kennt das Gesetz des Verlaufes von e längs der Berührungsstelle durch den Strömungsversuch und die gesamte Belastung, so daß man hierdurch auch den Flächendruckverlauf längs der ganzen Berührungsstelle kennt. Aus der Spannungssumme findet man nun auch die zugehörigen Tangentialspannungen. Es ist nicht unwesentlich, wo und wie schräg beim Strömungsverlauf im Düsenstau die Scheidewand in der Düse liegt. Ihre Neigung entspricht dem zusammenarbeitenden Gegenkrümmungshalbmesser. Hierdurch kommt zum Ausdruck, daß sich hier die Berührungsteile wellig verformt. In dem zu jähen relativen Wechsel der Krümmung längs der Berührungsstelle liegt eine Zerstörungsmöglichkeit für Zahnflanken trotz bester Bearbeitung. Der Baustoff des einen Zahnes weicht über die begrenzende Evolvente hinaus in den Bereich des Nachbarzahnes hinein aus. Weil dies eine unzulässige Anstrengung ist, bilden sich bleibende Wulste, die im Gegenzahn nicht einmal ein Gegenstück finden. Oft finden sich hierbei gleichzeitig Aushöhlungen auf der nicht arbeitenden Rückenseite des Zahnes.

Die wälzende Verzahnung entspricht nun einer wechselnden Strömung. Die Düse gleitet den Zahn entlang, dreht sich hierbei und verändert ihre Mündungsweite. Auch die Ölschicht wird einen gewissen Einfluß ausüben. Die Dichtehügel, Abb. 6, die wie einfache oder mehrfache schwingende Wogen im Takte der Zahnteilung auftauchen und verschwinden, ändern sich in ihrer Lage und in allen Abmessungen. Man kann bekanntlich unregelmäßige Schwingungen nach Fourier in ihre Grundschwingungen zerlegen und findet dann regelrechte Longitudinalschwingungen — Dichteschwingungen

RZ384Z6

Abb. 6. Dichtebild.

RZ38477

Abb. 7. Verdrehungsbild.

— mit harmonischen Obertönen, die sich als Schallwirkung äußern müssen, wenn sich ihre Frequenz dem Ohr bemerkbar machen kann.

Auch der Einfluß mangelnder Flächenglätte ist sogleich klar. Die Spuren des bearbeitenden Werkzeuges sind grobe Unstetigkeiten der Krümmungshalbmesser. Die Einlaufdüse flattert infolgedessen mit den Düsenwänden wie ein Schmetterling mit den Flügeln. Die Düsenstaukeile stoßen wie Meißel abwechselnd flacher oder tiefer in den Baustoff, wozu noch Stöße von außen treten. Bei solchen Schwingungen treten unendliche Spannungen auf, die den Zusammenhang stören. Vor allem zeigt es sich, daß die Änderungen der Strömungen aus den Düsen und die Veränderungen der Düsenwandungen mit der Zeit *sehr sanft und allmählich sein müssen*, damit die Strömung wirbelfrei bleibt. Einem Wirbel in der Strömung entspricht ein Flackern in der Dichte, das nicht mehr verschwindet. Es verstärkt sich u. a. durch Interferenz und Resonanz, so daß sich voraussichtlich die singenden Töne auf diese Weise erklären werden.

Als Erkenntnis aus dem vorhergehenden folgt, daß auch bei genauester Bearbeitung der Zähne schwere Mängel des Zusammenarbeitens auftreten können, die durch unrichtige Wahl der Krümmung und des Eingriffes, also durch *Konstruktionsfehler*, entstehen. Die Wechsel des Krümmungsverhältnisses der zusammenarbeitenden Bogen, vor allem in Gebieten, in denen der Krümmungshalbmesser rasch wechselt, sind eine Gefahrquelle, gefährlicher als das „gefürchtete“ Gleiten der Zahnflanken abseits der Mittelachse. Die Erfahrungsregel des Verfassers: man wähle den Eingriff so, daß der Zentralpunkt die *Eingriffstrecke*, abzüglich kleiner Reservezuschläge für etwaige Beschädigung der Zahnecken, *im Übersetzungsverhältnis teilt*, und mache große Übersetzungen sogar mit *einseitigem* Eingriff, gewinnt hierdurch an Berechtigung. Bei zylindrischen Zahnrädern, auch bei feingeschliffenen, wird es gut sein, wenn man die Genauigkeitsdiagramme auf der Übersetzungsprüfmaschine *unter Betriebsbelastung wiederholt*. Man könnte dies durch eine S-förmige Doppelspiralfeder zwischen den zu prüfenden Ritzeln erreichen. Bei stark geneigten Schrägverzahnungen treten die Krümmungen am Ritzel in der Längsrichtung der Zähne hervor und müssen ähnlich beachtet werden. Eine Längswanderung der Dichtehügel erzeugt ein grunzendes Geräusch, das man leicht beobachten kann.

Es hat den Anschein, daß man durch große Verkürzung des Eingriffes, etwa auf eine halbe Teilung, und Abschrägung der Verzahnung auf eine Schraubensteigung von etwas mehr als einer halben Teilung und Schleifen mit Abwälzsteinen von leicht hyperboloidartiger Form die günstigsten Krümmungsverhältnisse erreichen kann. Bei sehr großen Übersetzungen müßte der Eingriff überdies einseitig liegen.

Schon die Berücksichtigung der gefühlsmäßigen Lehren, die das Gleichnis des Abfließens der Verdichtung durch Drehung bietet, ist für den Konstrukteur von Wert. In den meisten Fällen genügt eine Abschätzung der entstehenden Strömung, und man erreicht brauchbare Annahmen für eine angenäherte Rechnung.

Es sei noch auf einen weiteren Zusammenhang aufmerksam gemacht. Die Bilder Abb. 6 und 7 entstehen auch, wenn man in der durchströmenden Scheibenspalte den Druck mittels kleiner Steigröhrchen messen würde. Die Wasserstände der Röhrchen ergeben die Ordinaten des Verdichtungs- und Drehungshügels. Werden die beiden in beliebigem Höhenmaßstab gemessenen Hügelbilder so miteinander durch Änderung des Höhenmaßstabes abgestimmt, daß das Längsgefälle des einen dem Quergefälle des andern gleicht, so sind die linken Gleichungen von Gl. (4) erfüllt. Verringert man den Höhenmaßstab des einen im Maßstab $(2m-2):(m-2)$, so gleichen sich die vorerwähnten Gefälle nicht mehr. Der Unterschied zwischen ihnen ist nach Gl. (4) rechts der Wert $\nabla^2 \xi$ bezw. $\nabla^2 \eta$. Durch räumliche Auftragung dieser Unterschiede erhält man ein Raumbild, das man auch durch Auftragen der paarweise gleichen Längs- und Quergefälle jedes der Hügel in Abb. 6 und 7 erhalten könnte, ohne daß man den Höhenmaßstab verringert. Für dieses Hügelpaar gelten wieder die Potentialgleichungen, denn die Gleichungen $\nabla^2 \nabla^2 \xi = 0$ und $\nabla^2 \nabla^2 \eta = 0$ gelten für elastische Vorgänge *allgemein* (siehe Föppl). Hiernach stimmen die Krümmungen der benachbarten Elementarquadrate miteinander überein. Sie liefern die Werte $\nabla^2 \xi$ und $\nabla^2 \eta$, und dies sind die Summen aus Exzentrizität und Krümmung. Ist nun die Krümmung oder Exzentrizität null oder bekannt, so ist das andre nichtbekannte Bestimmungsstück hiermit auch gegeben, nämlich als Unterschied gegen $\nabla \xi^2$ bezw. $\nabla^2 \eta$. Quer zu den Achsen der Walze, Abb. 5, ist z. B. die Exzentrizität null, weil die Elemente symmetrisch liegen, und längs der Abplattung ist die Krümmung gleich der negativen des unverformten Walzenmantels. Hiermit sind Achsen und Berührungsstelle berechnet, soweit es nach Gl. (3) erforderlich ist. Durch einfache Integration folgen der Druck und der Spannungsverlauf an der Berührungsstelle. Die Integrationskonstanten liefert die Gesamtbelastung, sie ist jedoch mit den Düsenwinkeln abzustimmen. Die Lösung ist mathematisch streng und vollständig. [B 384]

Eine bemerkenswerte Brückenverschiebung in Wien.

Eine nicht alltägliche Verschiebung einer Donaukanalbrücke, die den 9. mit dem 20. Bezirk verbindet, fand dieser Tage in Wien statt und muß als äußerst gelungen bezeichnet werden. Die 670 t schwere Brücke, die nun als Notbrücke bis zur Fertigstellung der neuen Brücke Verwendung finden soll, wurde um rd. 20 m stromaufwärts in der Weise verschoben, daß das ganze Tragwerk durch hydraulische Pressen, die des Frostes wegen mit Glyzerin betrieben wurden, zunächst gehoben wurde. Hierauf wurde das Gerüst auf miteinander gekoppelte flache eiserne Wagen gestellt, die auf Schienen (Schnellzugprofil A 140) liefen. Mittels Winden, die durch Flaschenzüge verstärkt waren und dadurch Handbetrieb gestatteten, wurde nun die Brücke in die gewünschte Lage verschoben. Die Verschiebung selbst ging in 2¼ Stunden glatt vonstatten.

Besondere Beachtung erforderte die Pilotierung, der Schwellendruck und die Belastungsmöglichkeit der Verschubwagen. Bezüglich des Schwellendruckes waren genaue Versuche an der Technischen Hochschule in Wien notwendig, da die Schwellen höchstens eine Belastung von 20 kg/cm² gestatteten, während in Wirklichkeit ein Druck von 30 kg/cm² ausgeübt werden mußte. Um diesem Druck standhalten zu können, wurden die Unterlagen durch Auflegen von starken Eisenblechen vergrößert und verstärkt. Die Verschubwagen wurden zuerst mit doppelter Belastung ausprobiert.

Die Verschiebung, die der Wiener Firma Wagner, Biro A.-G. sowie der österr. Industrie das beste Zeugnis ausstellt, erforderte einen Kostenaufwand von 1,2 Milliarden Kronen, während für den Bau einer Notbrücke 5 bis 6 Milliarden notwendig gewesen wären, ein Beweis für die Wirtschaftlichkeit einer solchen Verschiebung. Die verschobene Brücke wurde zunächst dem Fußgängerverkehr freigegeben, während sie nach einigen Tagen auch wieder durch Straßenbahn und Fuhrwerk benutzt werden konnte. [N 50]

F. L. H.

Schrämmaschinen im britischen Kohlenbergbau[1]).

Im Jahre 1923 betrug die Zahl der in Großbritannien verwandten Schrämmaschinen 6159. Gegenüber 1922 bedeutet dies eine Zunahme von 725 und gegenüber 1919 um 1677[2]). Die mit Schrämmaschinen gewonnenen Kohlenmengen betrugen 1923 47 Mill. t, d. h. 17,1 vH der Gesamtförderung Großbritanniens gegenüber 15,3 vH 1922 und 12,2 vH 1919. Die Hauptverwendungsbezirke sind Schottland, der Nordbezirk und der York- und Nordmidlandbezirk. In Schottland wird die Hälfte der gesamten Förderung mit Schrämmaschinen gewonnen. [N 36] Gw.

[1]) „Glückauf“ Bd. 60 (1924) S. 1129.
[2]) Z. Bd. 65 (1921) S. 157.

Der Spannungszustand gewölbter Böden.

Von E. Höhn, Oberingenieur des Schweizerischen Vereins von Dampfkesselbesitzern, Zürich.

Durch verschiedene von einander unabhängige Versuche wird die zweckmässigste Bodenform bestimmt. Von dem durch Messung ermittelten Spannungszustand an der Außenseite ausgehend, wird auf den Spannungszustand an der Innenseite geschlossen.

Feststellung bleibender Formänderungen und elastischer Dehnungen.

Bleibende Formänderungen.

Der Verfasser hatte Gelegenheit, an mehreren elektrisch geschweißten Hohlkörpern Wasserdruckproben zur Prüfung ihrer Festigkeit vorzunehmen[1]). Jeder dieser Hohlkörper bestand aus einem zylindrischen Mantel (Durchmesser meistens 80 cm, Blechdicke 5 bis 9 mm) mit elektrisch geschweißter Längsnaht sowie aus zwei elektrisch angeschweißten Böden von korbbogenförmigem Meridian, davon ein Beispiel (Probehälter VII) in Abb. 1. In einem Fall (VIII) wurden Böden mit elliptischem Meridan gewählt, Abb. 2. Der Probedruck wurde bis zur Zerstörung der Behälter gesteigert. Gewöhnlich riß das Blech zuerst in den Rundnähten und dann in den Längsnähten oder das Blech barst im Vollen. Der Zerstörungsdruck ging bis zu 74 at. In diesem Fall (Probebehälter I) brach die eine Rundnaht ringsum, und der Boden wurde mit Wucht in der Achsenrichtung abgetrieben. Bis dahin hielt dieser Probebehälter dicht.

Dem Verhalten der Böden während der Druckprobe wurde große Aufmerksamkeit geschenkt. Mittels Blechschablonen wurde ihre Form vor und nach der Druckprobe aufgenommen.

Abb. 3 stellt den Meridian eines Bodens der Probebehälter I und II vor der Druckprobe (gestrichelt) und nachher (ausgezogen) dar. Abmessungen: Blechdicke 12 mm, Wölbungshalbmesser 950 mm, innerer Krempenhalbmesser 45 mm, äußerer Durchmesser des zylindrischen Endes 798 mm. Die bleibende Veränderung unter der Wirkung der inneren Flüssigkeitspressung (bis 74 at) war bedeutend. Der deformierte Meridian ist fast genau eine Ellipse mit den Halbachsen $a = 400$ mm und $b = 192$ mm; das Verhältnis $a : b$ ist angenähert 2 : 1. Die Ellipse ist strichpunktiert eingezeichnet, die Abweichungen davon sind schraffiert.

Abb. 4 zeigt dasselbe für einen Boden des Probebehälters VII; dieser war größer als die Behälter I und II. Abmessungen: Äußerer Durchmesser des zylindrischen

[1]) Vergl. „Über die Festigkeit elektrisch geschweißter Hohlkörper", Versuche veranstaltet vom Schweizerischen Verein von Dampfkesselbesitzern. Berlin 1923, Julius Springer.

Abb. 1. Elektrisch geschweißter Hohlkörper, Böden mit korbbogenförmigem Meridian.

Abb. 2. Elektrisch geschweißter Hohlkörper, Böden mit elliptischem Meridian.

Abb. 3. Schnitt durch die Krempe eines Bodens der Probebehälter I und II.

Abb. 4. Schnitt durch die Krempe eines Bodens des Probebehälters VII.

Abb. 5 und 6. Spannungsverlauf am Behälter VII, Außenseite. Boden: Korbbogenförmiger Meridian mit engem Krempenhalbmesser.

Teils 1200 mm, Bodendicke 12 mm, Wölbungshalbmesser 1600 mm, innerer Krempenhalbmesser 33 mm (enger als bei I und II). Auch hier deckt sich der verformte Meridian (ausgezogen) mit einer Ellipse (strichpunktiert). Die Abweichungen sind durch Schraffur erkennbar; sie wären, namentlich gegen das zylindrische Ende des Bodens hin, jedenfalls geringer ausgefallen, wenn das zylindrische Mantelende nicht unter dem Einfluß des Bodens, dessen Dicke auch größer ist, nachgegeben hätte. Die Ellipse hat die Halbachsen $a = 600$ mm und $b = 290$ mm mit dem Verhältnis von nahezu 2 : 1. Diese bleibende Formänderung wurde durch einen Höchstdruck von 59 at herbeigeführt.

In beiden Fällen haben sich die Krempen weit geöffnet. Daß Rundschweißnähte auf Biegung beansprucht sind, geht aus den Abbildungen hervor. Man hat früher stets angenommen, solche Nähte seien nur auf Zug beansprucht.

Endlich wurde noch ein Boden nach der Art von Probebehälter VIII untersucht. Er hatte von Anfang an elliptischen Meridian, denn man wollte sein Verhalten gegenüber den beschriebenen Böden mit korbbogenförmigem Meridian kennen lernen. Abmessungen: Äußerer Durchmesser des zylindrischen Ansatzes 805 mm, Ellipsenhalbmesser $a = 388$ mm, $b = 194$ mm, Wanddicke 12 mm. Die Schablone, die nach der Zerstörung (höchster Druck 74 at) hergestellt wurde, zeigte fast keinen Unterschied gegenüber derjenigen, die vor der Druckprobe paßte.

Der Verfasser glaubt daraus zu erkennen, daß die Ellipse der durch die Natur gegebene Meridian für Böden ist, die zylindrische Hohlkörper, in welchen Innendruck wirkt, abschließen[1]). Das leuchtet schon deswegen ein, weil sich der Krümmungshalbmesser der Ellipse stetig, nicht sprungweise wie beim Korbbogen ändert. Der günstigste Fall ist offenbar, daß der elliptische Boden in den kugelförmigen übergeht, d. h. der Krümmungshalbmesser der Krempe und der Zylinderhalbmesser gleich groß sind, der ungünstigste, daß der Krümmungshalbmesser sehr klein, im Grenzfall null ist, d. h. der Zylinder durch eine zu seiner Achse senkrechte Ebene abgeschlossen wird.

Trotz aller Belehrung schweißt man noch heute Böden eckig an Zylindermäntel an; dies ist bei Anwendung der Schmelzflamme oder elektrisch leicht auszuführen. Die vorstehende Überlegung spricht über solche Ausführungen das Urteil.

Elastische Dehnungen[2]).

Um über den Spannungszustand der beschriebenen Böden ein Urteil zu bekommen, haben wir die Dehnungen infolge des innern Wasserdruckes mit einem Gerät von D. Okhuizen gemessen, das Dehnungen von 0,001 mm ziemlich sicher und zudem auf einfache Weise angibt. Die Genauigkeit dieser Messungen kann für den vorliegenden Zweck als genügend erachtet werden. Die Fehler der Angabe und der Ablesung sind von geringerem Belang als die Unterschiede in der Wanddicke und Abweichungen von der richtigen Körperform. Auch Unterschiede in der Elastizität des Bleches und Spannungen infolge der Bearbeitung, z. B. der Schweißung, fallen hier in Betracht. Das Blech der Probebehälter wurde zwar geprüft, dennoch wird hier allgemein mit $E = 2\,150\,000$ kg/cm² und $1 : m = \nu = 0{,}3$ gerechnet.

Für jeden Meßpunkt werden die Dehnungen in Abhängigkeit vom Druck aufgetragen und auf ihr stetiges Verhalten geprüft. Aus den Dehnungen werden die Spannungen ermittelt, die den Dehnungen proportional sind; somit braucht man nur den für die Spannungen richtigen Maßstab zu finden.

An welcher Stelle eines Hohlkörpers immer man die Dehnungen messen mag, stets gilt das Hooksche Gesetz:

$$\sigma = \varepsilon E.$$

Ist $\varepsilon = \Delta l : l = 0{,}001$, so ist $\sigma = 2150$ kg/cm². Die an diesem Maßstab abgelesene Spannung ist die reduzierte Spannung; denn die Dehnung am Hohlkörper tritt bei gleichzeitiger Einwirkung der drei Hauptspannungen auf. Wir haben aber nur in einer Richtung am Hohlkörper gemessen und bringen diese Dehnung in Zusammenhang mit der Spannung, bei welcher ein Stab die gleiche spezifische Dehnung ε erfahren hätte, also mit der reduzierten Spannung.

Zugspannungen sind mit +, Druckspannungen mit — Vorzeichen versehen. Die reduzierten Spannungen sind, den Dehnungen entsprechend:

[1]) Schon Diegel hat auf die Vorzüge elliptischer Böden hingewiesen (Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Sonderreihe M, Heft 2, Berlin 1920), doch waren die Wände seiner Versuchsbehälter im Verhältnis zum Durchmesser stets sehr dünn.

[2]) Für die sorgfältige Durchführung der Messungen bin ich unserm Ingenieur Herrn A. Huggenberger verpflichtet.

$\sigma_{a_{red}}$ reduzierte Axialspannung am Mantel in der Bildebene,
$\sigma_{t_{red}}$ reduzierte Ringspannung am Mantel (Tangentialspannung) senkrecht zur Bildebene,
$\sigma_{m_{red}}$ reduzierte Meridianspannung am Boden, in der Bildebene,
$\sigma_{u_{red}}$ reduzierte Ringspannung (Umfangspannung) am Boden, senkrecht zur Bildebene.

Als Bildebene nehmen wir hier eine Ebene, welche die Drehachse des Hohlkörpers oder die Zylinderachse enthält.

Wir wickeln den Meridian jedes der Hohlkörper, Abb. 1 und 2, ab und benutzen diese Abwicklung als Abszissenachse, worauf die Meßpunkte in den richtigen Abständen abgesteckt werden. Durch Auftragen der Dehnungen oder der reduzierten Spannungen als Ordinaten über den Meßpunkten erhalten wir den Verlauf der reduzierten Spannungen an dem betr. Hohlkörper. Nach dem so entstehenden Bild, Abb. 5 und 6, kann man den Hohlkörper hinsichtlich seiner Festigkeit beurteilen.

In einer Hinsicht ist dies Verfahren jedoch beschränkt: Wir können nur außen messen und kennen daher auch nur hier die reduzierten Spannungen; die auf der Innenseite des Hohlkörpers sind uns einstweilen unbekannt.

Die äußerste Ordinate links in jedem dieser Spannungspläne bedeutet die reduzierte Spannung im Bodenscheitel. Theoretisch sind im Bodenscheitel die Ringspannungen gleich den Tangentialspannungen, denn dieser Punkt liegt in der Drehachse. Trotzdem kommen kleine Abweichungen unter den durch Messung ermittelten reduzierten Spannungen $\sigma_{m_{red}}$ und $\sigma_{u_{red}}$ im Scheitel vor. Der Grund dürfte in der Hauptsache in der Unregelmäßigkeit der Form des Bodens und seiner Dicke liegen. Die Spannungen verteilen sich überhaupt nie so regelmäßig über eine Fläche, wie sich aus Überlegung oder Rechnung ergibt.

Ein Blick auf die Spannungspläne läßt erkennen: Die Spannungen verlaufen wellenförmig und ändern sich nicht plötzlich. Meridian- und Ringspannungen verlaufen in allen Fällen ähnlich; aber vom Bodenscheitel zur Krempe hin steigen die Meridianspannungen auf der Zugseite bedeutend höher an; ihr Höhepunkt fällt fast mit dem Nullpunkt der Ringspannung zusammen.

Meridianspanungen und Ringspannungen wechseln gegen die Krempe hin das Vorzeichen. Die Druckspannungen wachsen bis zu einem Höchstwert, der über dem Mittelstück der Krempe auftritt. Diese Spannung steigt um so höher, je enger der Krempenhalbmesser R_2 ist; beim Probebehälter VII war $R_2 = 3{,}3$ cm. Über die Krempe hin sind Meridian- und Ringspannung Druckspannungen, wobei die Meridianspannung überwiegt. Gegen den Mantel zu in der Nähe der Rundnaht wechseln beide Spannungen nochmals das Vorzeichen.

Die Stellen des Spannungswechsels sind in Abb. 1, 2 und 4 durch dreieckige Zeichen angegeben. Die beiden Nullwerte der Meridianspannung treten in allen Fällen zwischen den Nullwerten der Ringspannung auf; dies hat sich auch an andern Hohlkörpern bestätigt.

Beim Mantel sinkt die Axialspannung, die Fortsetzung der Meridianspannung, auf die Hälfte der Tangentialspannung (Ringspannung). Bevor Axial- und Tangentialspanungen annähernd konstant werden, zeigen sie noch Schwankungen beim Mantelanfang.

Die Bodenrundnähte, die durch kleine Zickzacklinien in Abb. 5 und 6 angedeutet sind, liegen in der Nähe dieser Höchstwerte der Axial und Tangentialspannungen, was man künftig bei der Beurteilung der Festigkeit dieser Rundnähte berücksichtigen muß. Hier sollte man ähnliche Verstärkungen wie bei den Längsnähten anwenden.

Beim elliptischen Boden des Probebehälters VIII, Abb. 7 und 8, fällt sofort die Verminderung der Spannungshöchstwerte — es handelt sich stets um reduzierte Spannungen — gegenüber dem korbbogenförmigen Boden des Probebehälters VII auf, der einen sehr engen Krempenhalbmesser hatte. Dagegen zeigen die Schaulinien einen gewissen Anstieg der Spannung gegen den Scheitel des elliptischen Bodens hin, weil der Boden an jener Stelle dünner ($s = 1{,}0$ bis $1{,}1$ cm) als an seinem zylindrischen Ende ($s = 1{,}2$ bis $1{,}3$ cm) war. Das wirkt indessen nicht beunruhigend, denn im Scheitel, wo volles Blech vorhanden ist, sind hohe Spannungen nicht so zu fürchten wie in der Krempe und gegen die Bodennähte hin. Der günstige Spannungsverlauf kennzeichnet daher den Boden mit elliptischem Meridian als Boden der Zukunft. Aber die Befestigungsnähte dürfen nicht weniger stark als bei gewöhnlichen Böden sein.

Der Verlauf der Spannungen am Mantel ist einfacher als am Boden. Der Mantel wird an seinen äußern Enden durch den daran angeschweißten Boden beeinflußt; in den Krempen des Bodens wirken (außen) Druckspannungen, am Mantelende (außen und innen) Zugspannungen. Die Wirkung eines Bodens erstreckt sich nur ein Stück weit über den Mantel hin; ist die Zylinderlänge, d. h. die Entfernung zwischen den Bodenrundnähten, groß, so reicht die Wirkung des Bodens nicht bis zur Mittelebene quer durch den Zylinder, bei kurzem Abstand überlagern sich jedoch die Einflüsse gegen diese Mittelebene hin. Letzten Endes kommt es auf das Verhältnis von Abstand der Bodenrund-

Abb. 7 und **8**. Spannungsverlauf am Behälter VIII. Außenseite.
Boden: Elliptischer Meridian, a : b = 2 : 1.
Ringspannungen unten: $\sigma_{u_{red}}$ am Boden, $\sigma_{t_{red}}$ am Mantel
Meridianspannungen oben: $\sigma_{m_{red}}$ am Boden, $\sigma_{a_{red}}$ am Mantel

nähte zu Manteldurchmesser an. Beim Probehälter VIII ist dieses Verhältnis groß, also verschwinden die Bodeneinflüsse, bevor sie die Mantelmittelebene erreichen, s. Abb. 7 und 8[1]).

Auffällig ist bei Probehälter VII, Abb. 5 und 6, daß die Tangentialspannungen in der Mittelebene quer durch den Mantel (rechts unten) abnehmen und die Axialspannungen (rechts oben) von Zug in Druck wechseln. Diese Unstetigkeiten rühren von der Rundlasche des Behälters VII her, s. Abb. 1.

Es ist klar, daß die Druckspannungen an der Außenseite durch um so größere Zugspannungen an der Innenseite ausgeglichen werden, denn letzten Endes müssen Zugspannungen in derjenigen Höhe überwiegen, die sich aus $\sigma_z = a\,p : s$ (a Behälterhalbmesser, s Wanddicke) ergibt. An den bezeichneten Stellen sind somit Biegungsspannungen vorhanden.

Durch Zerreißproben wurde festgestellt, daß das Blech eines Behälters, sobald die Elastizitätsgrenze bei hohem innern Druck überschritten ist, kalt gereckt wird; die Zerreißfestigkeit nimmt zu, Dehnung und Kontraktion gehen zurück. Bei dreidimensionalem Spannungszustand, dem das Blech als Wand eines durch innern Wasserdruck gespannten Hohlkörpers unterliegt, hält es größere Kräfte in einer Richtung aus als herausgeschnittene Probestäbe, wenn man die Festigkeit der Wand wie diejenige eines Stabes, das heißt unter Annahme einachsiger Kraftwirkung, berechnet $\left(\text{die Wandfestigkeit nach } k_z = \frac{a\,p}{s}\right)$.

Die Spannungen an der Innenseite des Bodens.

Wir schneiden mittels zweier Meridianschnitte und zweier ringförmiger Schnitte aus einer Krempe mit engem Halbmesser einen Körper von endlicher Größe heraus, Abb. 9. Die Schnittflächen werden von geraden Kanten begrenzt, die senkrecht zur Mittelfläche der Krempe stehen. Die Außen- und Innenseiten der Krempe sind durch volle und gestrichelte Schraffur gekennzeichnet.

Der Körper sei einer Stelle der Krempe entnommen, wo die reduzierten Meridian- und Ringspannungen Druckspannungen sind. Wir kennen durch Messung $\sigma_{m_{\mathrm{red}}}$ und $\sigma_{u_{\mathrm{red}}}$ an der Außenseite (oben in Abb. 9) und suchen die entsprechenden Werte von σ_m und σ_u. Die senkrecht zur Mittelfläche des Bodens gerichteten Hauptspannungen (σ_r) vernachlässigen wir, ihre Größenordnung berücksichtigend.

Da

$$\sigma_{m_{\mathrm{red}}} = \sigma_m - \nu\,\sigma_u \quad \ldots \quad (1)$$

und

$$\sigma_{u_{\mathrm{red}}} = \sigma_u - \nu\,\sigma_m \quad \ldots \quad (2)$$

so folgt

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{m_{\mathrm{red}}} + \nu\,\sigma_{u_{\mathrm{red}}}}{1-\nu^2} \quad \ldots \quad (3)$$

$$\sigma_u = \frac{\sigma_{u_{\mathrm{red}}} + \nu\,\sigma_{m_{\mathrm{red}}}}{1-\nu^2} \quad \ldots \quad (4)$$

Die mit Zahlen durchgeführte Rechnung zeigt, daß die wirklichen Spannungen ebenso wie die reduzierten Spannungen Druckspannungen sind. Indem wir diese Spannungen am Körper anbringen, Abb. 9, bezeichnen wir die an der Außenseite mit dem Zeiger e, die an der Innenseite mit dem Zeiger i.

Auf das Verhalten des Materials an der Innenseite der Krempe kann man aus Abb. 3 und 4 schließen, obwohl sie bleibende Formänderungen darstellen. Die nachfolgende Betrachtung über den bleibend gedehnten Zustand gilt in gleicher Weise für den elastischen Zustand, da die Krempe bei der elastischen in derselben Richtung wie bei der darauf folgenden bleibenden Formänderung verschoben wird.

Mit zunehmendem Innendruck öffnet sich die Krempe. Aus Abb. 3 und 4 erkennt man, daß im Meridianschnitt die äußerste Faser gestaucht wird (σ_{m_e} durch Messung und Rechnung bekannt), während sich die innerste Faser dehnt (σ_{m_i} der Größe nach unbekannt).

Abb. 9. Querschnittelement aus der Krempe.

Wie sich die Krempe gegenüber den Ringspannungen verhält, geht ebenfalls aus Abb. 3 und 4 hervor. An der Außenseite sind durch Messung reduzierte Druckspannungen festgestellt worden. Das ist auch leicht begreiflich, denn die Krempe wird entgegen dem Wasserdruck nach innen geschoben. Kreise rings um die Krempe müssen sich dabei verkürzen, also auch die Kreise, welche den Körper in Abb. 9 außen begrenzen. Der mittlere Durchmesser D_1 verringert sich dabei auf D_1'. Die verhältnismäßige Stauchung $(D_1 - D_1') : D_1 = -\varepsilon_{u_e}$ unterhalb der Elastizitätsgrenze ist bekannt, weil σ_{u_e} durch Messung und Rechnung ermittelt wurde.

Der entsprechende Kreis auf der Innenseite des Körpers verkürzt sich in ganz gleicher Weise und fast in demselben Maß wie der äußere Kreis von D_2 auf D_2'. Die Verkürzung $(D_2 - D_2') : D_2 = -\varepsilon_{u_i} \sim -\varepsilon_{u_e}$. Die im Ringschnitt innen liegende Faser wird somit in gleicher Richtung gestaucht ($-\sigma_{u_i}$) wie die an der Außenseite (σ_{u_e}, bekannt), s. Abb. 9.

Um die Spannungen zu erhalten, die den wirklichen Dehnungen entsprechen, muß man die reduzierten Spannungen berechnen. Zweidimensional, d. h. unter Vernachlässigung der senkrecht zur Mittelfläche gerichteten Spannungen, gilt für die Krempe innen

$$\sigma_{m_{i_{\mathrm{red}}}} = \sigma_{m_i} - \nu(-\sigma_{u_i}) = +(\sigma_{m_i} + \nu\,\sigma_{u_i}) \quad \ldots \quad (5),$$

$$\sigma_{u_{i_{\mathrm{red}}}} = -\sigma_{u_i} - \nu(+\sigma_{m_i}) = -(\sigma_{u_i} + \nu\,\sigma_{m_i}) \quad \ldots \quad (6),$$

d. h. die reduzierte Zugspannung im Meridianschnitt wird innen vermehrt durch die Druckwirkung im Ringschnitt, die reduzierte Druckspannung im Ringschnitt wird innen vermehrt durch die Zugwirkung im Meridianschnitt. Das Hauptgewicht ist auf die Feststellung zu legen, daß die Krempe innen im Meridianschnitt auf Zug beansprucht wird; die Zugspannung ist wegen der senkrecht auf die betreffende Faser gerichteten Druckwirkung größer als die Druckspannung außen. Die Erfahrung hat auch gelehrt, daß die Krempen stets von innen nach außen und stets senkrecht zum Meridian, d. h. ringförmig anbrechen.

Das Vorstehende ergibt, daß die Ellipse der zweckmäßigste Meridian für Böden ist. Wird keine Ellipse verwendet, so ist ein Meridian vorzuschreiben, der sich der Ellipse möglichst nähert, und jedenfalls genügend großer Krempenhalbmesser zu wählen. Bei Gefahren, die Dampfkessel und Druckbehälter mit Böden von fehlerhafter Form stets bedrohen, muß die Anwendung zweckmäßiger Bodenformen als Gebot bezeichnet werden, zumal keine unüberwindlichen Hindernisse entgegenstehen.

Es erscheint natürlich, die Spannungen nach ihrer äußern Wahrnehmbarkeit, also auf Grund der Dehnungen, zu bewerten, die man unschwer messen kann. Die Größe der Dehnung ist ein Maß für die Bruchgefahr. Danach hätte sich die Berechnung zu richten, indem man die Dehnung bestimmt, die für den verlangten Sicherheitsgrad zulässig ist (Dehnungshypothese). Will man jedoch in üblicher Weise mit Spannungen rechnen, so muß man die „reduzierte Spannung" in die Rechnung einführen.

[B 899]

[1]) Beispiele und Zahlenangabe über das Verhalten der Mantelspannungen bei geringer Entfernung der Böden s. a. a. O.

Berechnung der Blechdicke gewölbter, mit Krempe versehener Böden nach den Hamburger Normen.

Von A. Huggenberger, *Zürich*[1]).

Der Spannungszustand der elliptischen Schale wird an der Hand theoretischer und experimenteller Untersuchungen erläutert. Auf Grund der Beziehung zwischen Krempenhalbmesser und größter Spannung wird die Bruchgefahr infolge kleiner Krempenhalbmesser näher besprochen. Die Berechnung der Bodenblechdicke nach den Hamburger Normen wird eingehend erörtert und darauf hingewiesen, daß die Annahme eines vom Krempenhalbmesser unabhängigen Wertes der zulässigen Scheitelspannung unzulässige Blechdicke ergeben kann. Es wird auf einen gesetzmäßigen Zusammenhang von zulässiger Scheitelspannung, zulässiger größter Beanspruchung, Krempenhalbmesser und Bodenhalbmesser hingewiesen und erläutert, in welcher Weise die Wahl der zulässigen Scheitelspannung getroffen werden kann, damit die übliche Berechnungsweise richtige Werte der Blechdicke ergibt.

Die Statistiken über Dampfkesselschäden weisen stets einige schwere Unfälle auf, die auf den Bruch in der Krempe des Bodens zurückzuführen sind. Prüft man die Bodenblechdicke nach der üblichen Berechnungsformel der Hamburger Normen[2]), so findet man, daß in vielen Fällen die vorhandene Blechdicke groß genug war, daß aber die Ursache des Anbruches in einem zu kleinen Krümmungshalbmesser der Krempe liegt. Der Krempenhalbmesser wird aber bei der Berechnung nach den Normen nicht berücksichtigt. Daß diese Abmessung für die Festigkeit des Bodens besonders wichtig ist, hat schon Bach[3]) hervorgehoben. Über die Größe der Krempenspannung, die bei kleinem Krempenhalbmesser die Festigkeit des Bodens bestimmt, waren bisher nur sehr rohe Angaben bekannt. Aus dem Abspringen des Zunders an der Krempe bei Böden mit verschieden großem Krempenhalbmesser wurde der Schluß gezogen, daß die Krempenspannung ein Mehrfaches der Scheitelspannung betragen kann.

An der Hand von Untersuchungen über die Festigkeit von Kugel-[4]) und Ringflächenschalen[5]), die in Anlehnung an die theoretische Arbeit von Prof. Dr. Meißner[6]) entstanden sind, kann man die Bodenfestigkeit genau berechnen. Biegungsmoment, Zug- und Schubkraft, die vom Zylindermantel auf den Boden übertragen werden, sind als Randbedingungen einzuführen. Die Dampfkesselüberwachungsvereine, für welche diese Betrachtungen in erster Linie bestimmt sind, haben aber bisher davon abgesehen, diese Berechnungen anzuwenden, da sie nicht vorgeschrieben sind.

Spannungszustand der elliptischen Schale.

Der Boden kann, wenn die Blechdicke im Vergleich zu den übrigen Abmessungen klein ist und man von den Schub- und Biegespannungen absehen darf, nach der Theorie der dünnwandigen Gefäße[7]) berechnet werden. Die beiden Hauptspannungen σ_m und σ_u, die sich gleichmäßig über die Schnittfläche verteilen, genügen dann den Spannungsgleichungen

$$\frac{\sigma_m}{R_m} + \frac{\sigma_u}{R_u} = \frac{p}{s} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1a)$$

$$\sigma_m = \frac{r}{\sin\alpha} \frac{1}{2s} p \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1b),$$

wobei

$$R_m = \frac{(1+z'^2)^{3/2}}{z''} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2a)$$

$$R_u = \frac{r}{\sin\alpha} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2b).$$

Abb. 1. Rechnungswerte für gewölbte Böden.

Mit Bezug auf Abb. 1 sei:

- p der in allen Punkten auf die Gefäßwand senkrechte Druck (kg/cm²),
- s die unveränderliche Wanddicke (cm),
- P ein beliebiger Punkt der Meridiankurve,
- r, z seine rechtwinkligen Koordinaten,
- α der Winkel zwischen der Flächennormalen $\overline{PS} = n$ und der Drehachse $\overline{MS}$,
- z', z'' die erste und zweite Ableitung der Funktion $z = f(r)$ nach r,
- σ_m die Hauptspannung in der Richtung der Tangente an die Meridiankurve (Meridianspannung, kg/cm²),
- σ_u die Hauptspannung in der Richtung der Tangente an den Parallelkreis (Ringspannung, kg/cm²),
- σ_B zulässige Beanspruchung im Scheitel des Bodens (nach den Hamburger Normen $\sigma_B = 650$ kg/cm² für Flußeisen),
- R_m der Krümmungshalbmesser im Punkt P des Meridianschnittes, d. h. der Meridiankurve (cm),
- ϱ der Krümmungshalbmesser in der Meridiankurve der Krempe, Abb. 2, (cm),
- R der Krümmungshalbmesser im Scheitel M der Meridiankurve (cm),
- R_u der Krümmungshalbmesser im Punkte P in der Schnittebene durch die Flächennormale n senkrecht zur Meridianebene (cm),
- R_1 der Krümmungshalbmesser im Scheitel des Innenmantels der Schale (cm),
- R_2 der Krümmungshalbmesser in der Krempe des Innenmantels der Schale (cm),
- a, b die große (Bodenhalbmesser) und die kleine Achse (Bodentiefe) des elliptischen Bodens (cm),
- $k = \frac{a}{b}$ dessen Achsenverhältnis.

Ist die Gleichung der Meridiankurve für den Boden bekannt, so kann man mit Hilfe von Gl. (1a), (1b) und (2a), (2b) die Hauptspannungen σ_m und σ_u ermitteln.

Die Versuche[8]) zeigen, daß der übliche korbbogenförmige Meridian des Kesselbodens unter wachsendem Druck p einer Ellipse zustrebt. Die Gleichung der Ellipse ist nach Abb. 1

$$\frac{r^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1 \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3).$$

Mit Gl. (3) und $b = \frac{a}{k}$ wird

$$\sigma_m = \frac{1}{2} [(a\,k)^2 + r^2 (1 - k^2)]^{1/2} \frac{p}{s} \quad \ldots \ldots \quad (4a),$$

$$\sigma_u = [(a\,k)^2 + r^2 (1 - k^2)]^{1/2} \left[1 - \frac{1}{2} \frac{a^2}{a^2 + r^2\left(\frac{1}{k^2} - 1\right)}\right] \frac{p}{s} \quad (4b).$$

Eliminiert man hierin k und setzt $r = a$, $b = \infty$, so erhält man für die Zylinderschale die Spannungsgleichungen (5a), (5b):

$$\sigma_m = \frac{a}{2s} p \quad \ldots \ldots \ldots \quad (5a),$$

$$\sigma_u = \frac{a}{s} p \quad \ldots \ldots \ldots \quad (5b).$$

Die Spannungsgleichungen (4a), (4b) haben somit für die Berechnung der Blechdicke der elliptischen Schale die gleiche praktische Bedeutung wie die Kesselformel für die Berechnung der Blechdicke zylindrischer Kesselwandungen. Die Forderung $\sigma_u = 0$ ergibt aus Gl. (4b) den

[1]) Ingenieur beim Schweiz. Verein von Dampfkesselbesitzern.

[2]) Vergl. Grundsätze für die Berechnung der Materialdicken neuer Dampfkessel (Hamburger Normen 1905), Boysen & Maasch, Hamburg.

[3]) Vergl. Z. Bd. 41 (1897) und 43 (1899).

[4]) Vergl. Bolle, Festigkeit von Kugelschalen. Diss. Zürich 1916.

[5]) Vergl. Wißler, Festigkeit von Ringflächenschalen. Diss. Zürich 1916.

[6]) Vergl. Physik. Zeitschr. 1913 S. 343.

[7]) Vergl. Föppl, „Drang und Zwang" 2. Bd. S. 2.

[8]) vergl. S. 155.

Zahlentafel 1. Abmessungen (cm) der Böden.

Nr. des Behälters	Form der Meridiankurve	s	a	b	$k = \frac{a}{b}$	$d = 2a - s$	R	$R_1 = R - \frac{s}{2}$	ϱ	$\frac{\varrho}{a}$	$R_1 = \varrho - \frac{s}{2}$
VIII	elliptisch	1,0 bis 1,2	39,4	20,0	1,97	77,6	77,5	76,9	10,1	0,268	9,5
VII	korbbogenförmig	1,2	59,3	14,4	4,12	117,4	160,6	160,0	3,9	0,066	3,3

Halbmesser r des Parallelkreises, für den die Ringspannung verschwindet. Für größere Werte von r wird σ_u negativ.

$$\sigma_u = 0,\ r = \frac{a}{\sqrt{2\left(1 - \frac{1}{k^2}\right)}} \quad \ldots \ldots \quad (6).$$

Für den Umfang der Schale, $r = a$, wird

$$\sigma_m = \frac{a}{2\,s}\,p \quad \ldots \ldots \quad (7a),$$

$$\sigma_u = \frac{a}{s}\left(1 - \frac{1}{2}\,k^2\right)p \quad (\sigma_{max} \text{ für } k > 2) \quad \ldots \quad (7b).$$

Die Meridianspannung am Umfang der Schale ist unabhängig vom Achsenverhältnis. Im Scheitel der Schale sind die beiden Hauptspannungen einander gleich, nämlich

$$r = 0,\ \sigma_m = \sigma_u = \frac{a\,k}{2\,s}\,p \quad (\sigma_{max} \text{ für } k < 2) \quad \ldots \quad (8).$$

Die Wandstärke des elliptischen Bodens kann man, wenn man von der Schubkraft und vom Biegungsmoment am Rand absieht, je nachdem k größer oder kleiner als 2 ist, nach Gl. (7b) oder (8) berechnen. Bei der Berechnung nach Gl. (8) hat man für die Druckspannung σ_u in der Krempe die zulässige Spannung negativ einzuführen.

Mit $a\,k = \frac{a^2}{b} = R$ als Krümmungshalbmesser im Scheitel der elliptischen Schale nimmt Gl. (8), nach der Wandstärke s oder dem Druck p aufgelöst, die Formen an:

$$s = \frac{R}{2\,\sigma_B}\,p \quad \ldots \ldots \quad (9),$$

$$p = \frac{2\,s\,\sigma_B}{R} \quad \ldots \ldots \quad (10),$$

$r = a: \sigma_u = \frac{a}{s}\left[1 - \frac{1}{2}k^2\right]p; \quad r = 0: \sigma_u = \sigma_m = \frac{a}{s} \cdot \frac{k}{2}\,p$

$k = \frac{a}{b}$

Abb. 2. Spannungen σ_u und σ_m der elliptischen Schale in Abhängigkeit vom Halbmesser r.

Abb. 3. Krempenspannung σ_u der elliptischen Schale in Abhängigkeit vom Krempenhalbmesser ϱ.

worin $\sigma_m = \sigma_u = \sigma_B$ die zulässige Spannung ist. Gl. (9) und (10) sind den Hamburger Normen für die Berechnung der Blechdicke und des Betriebsdrucks gewölbter Böden zugrunde gelegt.

In Abb. 2 sind die Hauptspannungen σ_m und σ_u nach Gl. (4a) und (4b) in Abhängigkeit von r für Achsenverhältnisse von 1 bis 5 dargestellt. Ist $k = 1$, so wird $a = b$, d. h. die elliptische Schale geht in die Kugelschale über. In diesem Fall ist R in Gl. (9) und (10) der Kugelhalbmesser. Beide Hauptspannungen sind für alle Punkte der Kugelschale Zugspannungen von gleicher Größe. Für $k = 1{,}42$ wird die positive Ringspannung σ_u am Umfang der Schale null und wird bei weiter zunehmendem k negativ (Druck). Solange $k < 2$, tritt die größte Spannung im Scheitel auf. Für $k = 2$ sind die Ringspannung am Umfang und die Scheitelspannung gleich. Wird $k > 2$, so herrscht die größte Spannung ($\sigma_u = \sigma_{max}$, negative Ringspannung) am Umfang der Schale ($r = a$).

Die zunehmende Abplattung der Schale (wachsendes k) hat ein starkes Anwachsen der größten Spannung (σ_{max}) zur Folge. Da $\varrho = \frac{b^2}{a} = \frac{a}{k^2}$ der Krümmungshalbmesser am Ende der großen Ellipsenhalbachse ist, so wächst mit abnehmendem Krempenhalbmesser ϱ die Krempenspannung σ_u rasch. Der Einfluß kleiner Krempenhalbmesser ist in Abb. 3 durch den steilen Anstieg von $\sigma_{u_{max}}$ (σ_u für $r = a$) deutlich erkennbar. Um große Krempenspannungen zu vermeiden, muß man also den Krempenhalbmesser möglichst groß wählen. Das gilt für elliptische wie auch für die üblichen Korbbogenböden.

Da für das Pressen der Böden eine große Bodentiefe (z. B. $k < 2$) unzweckmäßig ist, so entspricht das Achsenverhältnis

$$k = \frac{a}{b} \sim 2$$

(Abb. 3, gestrichelte Ordinate) am ehesten den praktischen und festigkeitstechnischen Anforderungen. Dieses Achsenverhältnis bedingt einen Krempenhalbmesser

$$\varrho = 0{,}25\,a\,.$$

Bei vielen üblichen Bodenformen ist $\varrho \sim 0{,}1\,a$. Nach Abb. 3 wäre die Krempenspannung der zugehörigen elliptischen Schale rd. viermal größer als für $\varrho \sim 0{,}25\,a$. Aus Beobachtungen an Böden mit ähnlichen Krempenhalbmessern hat Bach[1]) auf die gleiche Verhältniszahl geschlossen. Ist $\varrho < 0{,}1\,a$, so wird dieses Verhältnis noch

[1]) Vergl. C. Bach, Kurze Mitteilung über Versuche mit gewölbten Böden usw., Z. Bd. 67 (1923) S. 1113.

Zahlentafel 2. Die wichtigsten, gemessenen und berechneten Werte der reduzierten und nicht reduzierten Spannungen (kg/cm²) für $p = 8$ at.

Form des Bodens	$\frac{r}{a}$	r cm	α^0	$\sigma_{m_{red}}$	$\sigma_{u_{red}}$	σ_m	σ_u	s cm	
elliptisch $a = 39{,}4$ cm	0	0	0°	+ 230 **+ 217**	+ 230 **+ 217**	+ 329 **+ 310**	+ 329 **+ 310**	1,0	Bodenscheitel: größte Spannung σ_{max}
Blechdicke im Scheitel				— **+ 181**	— **+ 181**	+ 274 **+ 258**	+ 274 **+ 258**	1,2	
$s = 1{,}0$ cm	0,95	37,4	60°	— 40 **— 195**	— 200 **— 198**	— 110 **+ 149**	— 233 **— 153**	1,2	Krempe
(Behälter Nr. VIII)	1,0	39,4	90°	+ 40 **+ 205**	0 **— 286**	+ 44 **+ 131**	+ 13 **— 247**	1,2	Rand des Bodens
korbbogenförmig	0	0	0°	+ 381	+ 381	+ 544	+ 544	1,2	Bodenscheitel
$a = 39{,}3$ cm	0,98	58,2	45°	— 1080	— 860	— 1470	— 1300	1,2	Krempe: größte Spannung σ_{max} (Meridianspannung)
(Behälter Nr. VII)	1,0	59,3	90°	— 930	— 900	— 1320	— 1295	1,2	Rand des Bodens

Die **fettgedruckten** Zahlen sind aus Gl. 8, 4a, 4b, 7a, 7b, 11a und 11b für die elliptische Schale (ohne zylindrische Fortsetzung der Krempe) berechnet.

höher, so daß die Krempenspannung bei sehr kleinem Krempenhalbmesser auf einen unzulässigen Wert anwachsen kann, obwohl die Bodendicke nach der üblichen Rechnung stark genug bemessen zu sein scheint.

Die reduzierten Spannungen an einem Behälter mit elliptischen Böden.

Wir haben u. a. an einem Behälter (VIII) mit elliptischem und an einem Behälter (VII) mit korbbogenförmigem Boden vom Achsenverhältnis $k = 1{,}97$ die Dehnungen gemessen (vergl. S. 155). Die Abmessungen der Böden sind in Zahlentafel 1 enthalten.

Der größte zulässige Betriebsdruck nach den Hamburger Normen [Gl. (10) $\sigma_B = 650$ kg/cm²] beträgt rd. 20 at. Um den Vergleich von Theorie und Versuch zu erleichtern, habe ich in Abb. 4 und 5, in welche der Verlauf der reduzierten Spannungen des elliptischen Bodens (gestrichelt) aus Abb. 7 und 8 des Aufsatzes auf S. 155 übernommen wurde, auch die nach Gl. (4 a) und (4 b) mit Hilfe der Beziehungen

$$\sigma_{m_{red}} = \sigma_m - \nu\,\sigma_u \quad \text{(11a)}$$

$$\sigma_{u_{red}} = \sigma_u - \nu\,\sigma_m \quad \text{(11b)}$$

berechneten reduzierten Spannungen der elliptischen Schale (ohne zylindrische Fortsetzung) eingezeichnet (s. a. Zahlentafel 2).

Der Anstieg der Spannung im Bodenscheitel erklärt sich daraus, daß dort die Blechdicke nur 1,0 cm beträgt. Im übrigen Teil des Bodens stimmt der Verlauf der reduzierten Spannungen von Boden und Schale praktisch gut überein. Erst gegen die Krempe hin machen sich größere Unterschiede bemerkbar, die auf die Einwirkung des Zylinders zurückzuführen sind.

Der Umfang der Schale hat das Bestreben, sich zusammenzuziehen, woraus sich die reduzierte Druckspannung ($\sigma_{u_{red}} = -286$ kg/cm²) erklärt. Da sich der Zylinder mit wachsendem Druck p aufweitet, so öffnet sich die anschließende Krempe des Bodens, und die reduzierte Umfangspannung nimmt ab ($\sigma'_{u_{red}} = -200$ kg/cm²). Infolge der Einwirkung des Zylinders ist die Umfangspannung kleiner als für die Schale ohne Zylinder, d. h. man kann k vermutlich bis zu 2,3 steigern, ohne daß die größte Spannung in der Krempe die Scheitelspannung übertrifft.

In ähnlicher Weise läßt sich auch der Unterschied zwischen der theoretischen und der gemessenen reduzierten Meridianspannung deuten. Der Schalenumfang hat das Bestreben, sich zusammenzuziehen; daher entsteht auf der Außenseite Zug ($\sigma_{m_{red}} = +205$ kg/cm²). Durch die Einwirkung des Zylinders wird die Bodenkrempe aufgeweitet, d. h. die reduzierte Zugspannung wird kleiner als bei der Schale und kann unter Umständen negativ werden ($\sigma_{m'_{red}} = -40$ kg/cm²). Für besonders kleine Krempenhalbmesser kommt diese Erscheinung noch deutlicher zum Ausdruck.

Aus Zahlentafel 2 entnehmen wir, daß übereinstimmend mit der Theorie die größte Spannung im Scheitel des elliptischen Bodens eintritt. Nach den Hamburger Normen wählt man die zulässige Spannung im Scheitel möglichst niedrig, nämlich $\sigma_B = 650$ kg/cm², damit die Spannungen in den übrigen Punkten des Bodens die höchste zulässige Materialbeanspruchung oder 1200 kg/cm² nicht überschreiten. Da die Scheitelspannung bei diesem Boden vom Krempenhalbmesser $\varrho = 0{,}268\,a$ die größte Bodenspannung ist, so darf die Scheitelspannung bis auf die höchste zulässige Materialbeanspruchung steigen. Nach Gl. (9) würde somit für den Betriebsdruck von 20 at eine Wanddicke von 0,65 cm ausreichen, und 1,2 cm dickes Blech wird unwirtschaftlich ausgenutzt.

Ist der Krempenhalbmesser sehr klein, z. B. 0,06 a, so ergibt die übliche Rechnungsweise eine Blechdicke, die nicht an allen Stellen des Bodens ausreicht, um das Überschreiten der zulässigen Spannungsgrenze auszuschließen. Wir haben an einem Behälter (VII) mit dem üblichen korbbogenförmigen Meridian die Dehnungen gemessen. Mit den in Zahlentafel 1 angegebenen Abmessungen dieses Bodens ergibt Gl. (10) bei $\sigma_B = 650$ kg/cm² als Betriebsdruck $p = 9{,}7$ at.

Daß die Meridianspannung bei sehr kleinem Krempenhalbmesser infolge der Einwirkung des Zylinders besonders hoch werden kann, zeigt Zahlentafel 2. Bei $p = 8$ at war die größte Meridianspannung in der Krempe des korbbogenförmigen Bodens (VII) -1470 kg/cm², während im Bodenscheitel $+544$ kg/cm² gemessen wurden. Das Verhältnis der größten Spannungen in der Krempe und im Scheitel beträgt 2,7, während es beim elliptischen

$a = 39{,}4$ cm, $b = 20{,}0$ cm, $k = 1{,}97$, $s = 1{,}2$ cm, $\varrho = 10{,}1$ cm, $R = 77{,}5$ cm, $E\,\varepsilon = \sigma_{red}$, $E = 2\,150\,000$ kg/cm²

Abb. 4 und 5. Reduzierte Spannungen am elliptischen Boden VIII für $p = 16$ at.

— · — · — reduzierte Spannungen der Kugelschale nach Gleichungen (9) und (10) (11 a, 11 b), $R = 77{,}5$ cm, $s = 1{,}2$ cm.
———— reduzierte Spannungen für die Schale der Rotationsellipsoides nach Gl. (4 a, 4 b) und (11 a, 11 b), $s = 1{,}2$ cm.
– – – – gemessene reduzierte Spannungen des entsprechenden elliptischen Bodens, $s = 1{,}0$ cm im Bodenscheitel, $s = 1{,}2$ cm im übrigen Teil des Bodens.

Abb. 6. Zulässige Beanspruchung σ_B im Bodenscheitel für eine größte zulässige Materialbeanspruchung von 1200 kg/cm² in Abhängigkeit vom Krempenhalbmesser ϱ.

1. Elliptische Schale (ohne Zylinder).
2. Elliptischer Kesselboden (mit Zylinder).
3. ψ Verhältnis der größten Krempenspannung (1200 kg/cm²) zur zulässigen Beanspruchung σ_B.

ϱ Krempenradius der Bodenmittelfläche.
a Größter Halbmesser der Bodenmittelfläche.

Boden (VIII) 0,85 erreicht. Für den höchsten zulässigen Betriebsdruck $p = 9{,}7$ at, dem die Scheitelspannung 650 kg/cm² entspricht, tritt beim korbbogenförmigen Boden eine größte Krempenspannung von rd. 1750 kg/cm² auf, die mit Rücksicht auf die Sicherheit des Betriebes nicht zugelassen werden sollte.

Nach Gl. (9) der Hamburger Normen berechnete Bodenbleche werden also bei großem Krempenhalbmesser unnötig dick, bei sehr kleinem Krempenhalbmesser dagegen nicht in allen Punkten hinreichend stark genug.

Wahl der zulässigen Beanspruchung in Abhängigkeit vom Krempenhalbmesser.

Die übliche Berechnung der Bodendicke nach den Hamburger Normen stützt sich auf die Gleichung

$$s = \frac{R}{2\,\sigma_B}\,p \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9),$$

die Spannungsgleichung der Kugelschale, die ebenso wie die Spannungsgleichung der Zylinderschale aus Gl. (4a), (4b) der elliptischen Schale folgt, wenn $a = b = R$, $r^2 + z^2 = a^2$ gesetzt wird. Von den Abmessungen des Bodens wird einzig der Krümmungshalbmesser R der mittleren Wölbung in Rechnung gesetzt. Abgesehen von den oben erwähnten Randbedingungen des Bodens, bleiben die Maße, insbesondere der Halbmesser der Krempenkrümmung, welche die Form der Meridiankurve mitbestimmen, unberücksichtigt. In Abb. 4 und 5 sind die reduzierten Spannungen der Kugelschale mit dem gleichen Wölbungshalbmesser $R = 77{,}5$ cm des elliptischen Bodens eingetragen. Diese Darstellung zeigt deutlich, daß Gl. (10) n u r für den Scheitelpunkt der Schale gilt, selbst dann, wenn der mittlere Teil bis zur Krempe als Kugelhaube ausgeführt wird.

Insofern die größte Bodenspannung im Bodenscheitel auftritt, steht der Anwendung der Kugelschalenformel zur Bestimmung der Blechdicke nichts entgegen. Die zulässige Beanspruchung σ_B kann jedoch höher gewählt werden, z. B. 1200 kg/cm². Herrscht die größte Beanspruchung nicht im Scheitel, sondern in der Krempe, was bei kleinem Krempenhalbmesser eintritt, so wird der Kugelschalenformel theoretisch die Grundlage entzogen.

Daß die Krempenspannungen größer als die Scheitelspannung werden können, suchen die Hamburger Normen dadurch zu berücksichtigen, daß sie die zulässige Spannung möglichst klein, nämlich 650 kg/cm² ansetzen, ohne aber das Mindestmaß der Krempenkrümmung festzulegen.

Die Unzulänglichkeit dieses Rechnungsverfahrens kann man vermeiden, wenn man s nach einer Gleichung berechnet, die außer R und der größten zulässigen Materialbeanspruchung σ_{max} auch die übrigen Abmessungen a und ϱ wie auch die Randbedingungen berücksichtigt. Da solche Gleichungen für den praktischen Kesselbau zu verwickelt wären, soll die übliche einfache Formel den erwähnten Forderungen angepaßt werden.

Für die Schale ohne zylindrische Fortsetzung der Krempe ist die größte Spannung durch den Krempenhalbmesser bedingt. Man kann also fragen: Wie groß muß die zulässige Spannung σ_B im Scheitel bei gegebenem Krempenhalbmesser gewählt werden, damit an keiner Stelle der Schale (Krempe) die höchste zulässige Materialbeanspruchung σ_{max} (z. B. 1200 kg/cm²) überschritten wird?

Das Verhältnis der Beanspruchung im Scheitel zu der größten Krempenspannung beträgt für die Schale des Rotationsellipsoides nach Gl. (7b) und (8) mit Rücksicht darauf, daß

$$k = \frac{a}{b} > 2 \quad \text{und} \quad \varrho = \frac{b^2}{a}:$$

$$\frac{\sigma_B}{\sigma_{max}} = \frac{\sqrt{a\,\varrho}}{2\,\varrho - a} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12).$$

Durch diese Gleichung ist die zulässige Beanspruchung im Scheitel bei gegebenem Krempenhalbmesser ϱ und Schalendurchmesser $2\,a$ festgelegt. Ihr Verlauf für die höchste Materialbeanspruchung $\sigma_{max} = 1200$ kg/cm²[1]) ist in Abb. 6 (Linie 1) aufgezeichnet.

Bei der Schale mit zylindrischer Fortsetzung (Boden) wird der Verlauf der Spannung in unmittelbarer Nähe der Krempe durch die Biegungsmomente und Schubkräfte bedingt, welche vom Zylindermantel auf den Rand der Bodenschale übertragen werden. Aus den Versuchen geht hervor, daß die größte Krempenspannung nicht am Umfang des Bodens eintritt. Für den elliptischen Boden, Abb. 4, mit $\frac{\varrho}{a} = 0{,}268$ herrscht die größte Krempenspannung σ_{max} im Parallelkreis $r = 0{,}95\,a$, beim korbbogenförmigen Boden mit $\frac{\varrho}{a} = 0{,}066$, bei $r = 0{,}98\,a$. Der Ort der größten Krempenspannung strebt anscheinend bei gleichem Bodendurchmesser mit abnehmendem Krempenhalbmesser dem Bodenumfang zu.

In Anlehnung an dieses Ergebnis nehmen wir eine bestimmte Abhängigkeit des Wertes $\frac{r}{a}$, wobei die größte Krempenspannung vermutlich eintritt, von ϱ an und bestimmen nach Gl. (4b) die Spannung. Diesen neuen Ausdruck fassen wir als Näherungswert der größten Krempenspannung σ_{max} auf und stellen damit eine Gl. (12) ähnliche Beziehung auf. Der daraus entstehende Zusammenhang zwischen zulässiger Beanspruchung und Krempenhalbmesser ist in Abb. 6 (Linie 2) aufgezeichnet. Für Krempenhalbmesser unter $0{,}11\,a$ hat man danach die zulässige Beanspruchung kleiner als 650 kg/cm² anzunehmen. Ist der Krempenhalbmesser größer als $0{,}19\,a$, was dem Achsenverhältnis $k = 2{,}3$ entspricht, so tritt die größte Beanspruchung nicht mehr in der Krempe, sondern im Scheitel des elliptischen Bodens auf. Mit Hilfe einer in dieser Weise durch Versuche bestätigten Beziehung zwischen ϱ, a und σ^B kann man Gl. (9) dem vorhandenen Spannungszustand des Bodens anpassen. Der Verlauf von σ_B in Abb. 6 wäre insbesondere hinsichtlich der Anwendungsmöglichkeit auf korbbogenförmige Böden durch weitere Versuche nachzuprüfen.

Bei den theoretischen Untersuchungen wurde vorausgesetzt, daß sich die Spannungen über die ganze Schnittfläche gleichmäßig verteilen. Dieser Verlauf wird jedoch durch hinzutretende Biegungs- und Schubspannungen, Abb. 4 und 5, beeinflußt, so daß die gleichnamigen Spannungen am Innen- und am Außenmantel von einander verschieden sein können. Diese Frage läßt sich nach der genauen Theorie der Schale untersuchen. [B 899]

[1]) Wird bei der üblichen Wasserdruckprobe bei neuen Behältern ein Vielfaches des Betriebsdruckes gewählt, so kann man σ_{max} kleiner annehmen, um ein Überschreiten der Proportionalitätsgrenze (1800 kg/cm²) zu vermeiden.

RUNDSCHAU.

Eisenbahnwesen.

Reichsbahn-Kühlwagen und Volksernährung.

Die Not ist die beste Lehrmeisterin! Das ist von altersher bekannt und tausendfach bestätigt worden. Auch jetzt wieder haben wir Gelegenheit, diese alte Wahrheit erhärtet zu sehen angesichts der bitteren Not, in die uns der Kriegsausgang gestürzt hat, die wir aber, wenn auch langsam, überwinden werden kraft der Arbeit, in der die deutsche Volksgemeinschaft unterstützt wird von der fortschreitenden Technik.

Besonders im Bereich der Energieerzeugung, der Grundlage aller Technik, hat sich diese Not von vornherein fühlbar gemacht, und ihrer Linderung galten die ersten Anstrengungen. Die Not löste nun bedeutsame Erfindungen aus auf dem Gebiet der Wärme- und Kraftersparnis in Feuerungs- und Kraftanlagen, die sich zum großen Teil bereits ausgewirkt haben.

Neben diesem allgemeinen Notstande machte sich vor allem auch ein bedrohlicher Mangel geltend auf dem Felde der menschlichen Energieerzeugung. Deutschland ist heute weniger als vor dem Kriege in der Lage, den Gesamtbedarf an den hauptsächlichsten Lebensmitteln für die ausgehungerte Bevölkerung im Inlande zu decken; der Einfuhrhandel muß da helfend eingreifen, und zwar unmittelbar durch Vermehrung der im Inland für die Volksernährung verfügbaren Lebensmittelmenge und mittelbar durch Beeinflussung der Preise und der Güte der heimischen Ware. Dies gilt insbesondere vom Fleisch und von der Milch, welch letztere beispielsweise in Berlin nur in der Hälfte der Vorkriegsmenge und bei weitem nicht wieder erreichter Vorkriegsgüte in den Handel kommt.

Die Deutsche Reichsbahn kann nun für sich beanspruchen, die Lebensmittelbelieferung des deutschen Volkes in einem überaus wichtigen Punkte tatkräftig unterstützt zu haben, und zwar in bezug auf die Frischerhaltung der leicht verderblichen Lebensmittel auf weiten Eisenbahntransporten durch die auf Grund vieler Versuche ausgebildeten und gewissermaßen als rollende Eisschränke in den Verkehr eingestellten modernen Kühlwagen, Abb. 1.

Mit diesem neuen, erstmalig im Jahre 1923 benutzten Verkehrsmittel, das von namhaften deutschen Eisenbahnwagenfabriken nach den Richtlinien und auf Grund der weitreichenden Versuche des Eisenbahnzentralamts geschaffen und auch häufig als Privatwagen eingestellt wurde, ist im Verein mit anderen Organisationen eine wichtige wirtschaftliche Kette geschlossen worden, die z. B. das südamerikanische oder australische Frischfleisch in gefrorenem Zustand in den deutschen Fleischladen leitet und deren wichtigste Glieder von der Viehzuchtfarm zum Schlachthof und von diesem zum Kühlhaus im transozeanischen Hafen führen; von dort wird die bestens vorbereitete und verpackte Ware (in Leinwand vernäht) auf Kühldampfern nach dem Kühlhaus im deutschen Hafen und nun weiter mit dem Kühlwagen in die fernsten Orte Deutschlands und darüber hinaus befördert. Auf den Inlandwasserstraßen bildet das Kühlschleppschiff eine wertvolle Ergänzung des Kühlwagens.

Die Güte des in Berlin zum Verkauf gelangenden Gefrierfleisches und sein niedriger, das deutsche Frischfleisch beeinflussender Preis sind ein Beweis dafür, daß die Glieder der Kette sorgsam ineinander greifen. Die heute vorliegenden Erfahrungen aus dem Frischfleisch-, Seefisch- und Milchversand in neuzeitlichen Kühlwagen berechtigen bereits nach verhältnismäßig kurzer Erprobung zu dem Schluß, daß wärmeempfindliche Lebensmittel in diesen Wagen auf jede gewünschte Entfernung in einem dem Auflieferungszustand gleichen Güte befördert und abgeliefert werden können.

Voraussetzung ist: Güte der Lebensmittel und pflegliche Behandlung bis zur Einlagerung in den Kühlwagen, zweckmäßige Bedienung der letzteren und schließlich sorgsame Wartung der Lebensmittel nach dem Ausladen.

So knapp diese Formel lautet, bedingt sie doch für jedes Lebensmittel eine Fülle von Sondererfahrungen und Behandlungsregeln, ohne deren Beachtung die wertvollen neuen Verkehrsmittel ihren Zweck nicht erfüllen können oder ihn gegebenenfalls gar ins Gegenteil verkehren. Fälle einer geradezu törichten Verwendung der Kühlwagen konnte das Eisenbahnzentralamt gelegentlich beobachten. Ist es ein Wunder, daß der Milchinhalt von mehr als zwanzig Kühlwagen vollständig verdirbt, wenn bei heißester Jahreszeit die nach mangelhafter Vorkühlung wieder warm gewordene Milch in ungekühlte (d. h. nicht beeiste), durch die Sonnenstrahlen bei offenen Türen aufgewärmte Kühlwagen verladen wurde, die nun ihrerseits wie gut gepolsterte Kochkisten auf die Milchkannen wirkten. So geschehen in einer deutschen Großstadt!

Es genügt eben nicht, daß man ein wertvolles Verkehrsmittel schafft, weit schwieriger ist es zumeist, dessen zweckmäßige Verwendung im Verkehr zu sichern! Das Eisenbahnzentralamt stellt daher auch bei Überlassung der Wagen an die Interessenten die Forderung einer zweckmäßigen Behandlung der Wagen und hält sich im übrigen über das ganze Reichsgebiet hinweg in ständiger Fühlung mit den Erzeugern, Verfrachtern und Abnehmern, diese beratend oder die dankbar entgegengenommenen Einzelerfahrungen der weiteren Entwicklung der Sache dienstbar machend. Die Bestrebungen der Reichsbahn werden, und das sei besonders anerkannt, von denjenigen Betrieben wärmstens unterstützt, die gewillt sind, ihre Anlagen zum Wohle der Allgemeinheit zu Musterbetrieben auszugestalten. Es sei daher in diesem Zusammenhang die Öffentlichkeit aufmerksam gemacht auf ein Werk, das in unermüdlichem Eifer einer Großstadt den Segen einer technisch mustergültigen Organisation zuteil werden läßt: die Mannheimer Milchzentrale. Ihre Arbeit verdient, bei anderer Gelegenheit besonders behandelt zu werden.

Sehr eingehende wirtschaftliche und technische Betrachtungen widmet Oberbaurat Laubenheimer in seinem 1923 in Glasers Annalen (Bd. 93 S. 8) wiedergegebenen Vortrag „Die ersten Kühlwagen der Deutschen Reichsbahn und ihre Bedeutung für die Lebensmittelversorgung Deutschlands“ diesen Fahrzeugen. Die Gestaltung braucht daher hier nur kurz gefaßt zu werden.

Bei Neuschaffung dieser Wagen mußte von der bisher bei privaten Kühlwagen (Brauerei-, Margarinewagen usw.) angewandten Bauweise abgewichen werden. Unzweckmäßige Anordnung der Kühlvorrichtung, ungenügende Isolierung und Dichtung des Wagenkastens, unzureichende Türverschlüsse u. a. m. konnten nicht als Vorbild dienen. In höherem Maße traf dies auf die bisherigen bahneigenen, sogenannten Wärmeschutzwagen zu. Die Forderung für einen wirksamen Kühlwagen war, den Wagen kühl, trocken und luftundurchlässig zu halten, um die Bakterienentwicklung durch Fernhaltung der Feuchtigkeit, Wärme und frischer Bakterienzufuhr zu unterbinden.

Die neue Wagenkonstruktion hat die folgenden besonderen Kennzeichen. Der von doppelten Wandungen allseitig umschlossene Wagenkasten weist keine von außen nach innen durchgehenden und die Wärme leitenden Metallteile auf. Dieser Kasten ist starr in das die Wandungen umgebende eiserne Fachwerkgerippe eingelagert, so daß Verbiegungen des Wagenkastens und Undichtwerden der Wandungen vermieden sind.

Für die Isolierung des Wandhohlraumes erwiesen sich nach langen Versuchen unter zahlreichen Isolierstoffen Korkplatten aus getränkten Korkabfällen und ein ganz deutsches Erzeugnis, die aus besonders behandelter Torffaser unter hohem Druck hergestellte Torfoleumleichtplatte, als die in jeder Beziehung geeignetsten Stoffe, weil sie als besonders schlecht wärmeleitend, von geringem Gewicht, als wasserabweisend und zudem leicht

Abb. 1. Kühlwagen für Seefische.

Abb. 2. Schnitt durch Dach und Seitenwand des Kühlwagens.

a Dacheindeckung — Doppeldrell
b Dachverschalung — Kiefer
c Giant — Isolierpapier
d Torfoleum — Leichtplatten
e Goudronschicht.

verarbeitbar erkannt wurden. Abb. 2 gewährt einen Einblick in die sorgfältige Isolation der Wände. Eine gute Isolation setzt, unterstützt von einem guten Verschluß der Wagentüren, den Kälte- (Eis-)Verlust auf einen Kleinstwert herab.

Der Türverschluß zeichnet sich durch doppelte Falze aus und gestattet nach dem Patent Laubenheimer[1]) unter Verwendung ovaler Löcher in den Scharnieren, die Türflügel allseitig dichtschließend gegen den Rahmen zu drücken.

Als Kälteerzeuger dient an einer Stirnwand ein die Breite und Höhe ausfüllender Eiskasten aus Eisenstäben, der durch eine mit doppeltem Deckel gedichtete Öffnung im Wagendach beschickt wird. Die in den Wagen eingelagerte Ware ist vom Eiskasten getrennt durch eine Schutzwand, die oben und unten Öffnungen zum Aus- bzw. Eintritt der kalten oder angewärmten Luft zeigt. Im ständigen Kreislauf tritt die Luft von oben durch den schachtartigen Eiskasten hindurch und umspült, unten austretend, die Ware, Abb. 3.

Die Kühlwagen bedürfen aus Sauberkeitsgründen nach jeder Verwendung, besonders nach Seefisch- und Fleischtransporten, einer warmen Ausspülung. Um der Durchfeuchtung und Verfaulung der Wände und Böden vorzubeugen, sind diese mit einem vollständigen, fugenlosen Belag von Zinkblech oder einem linoleumähnlichen, aber aus heimischem Stoff hergestellten Zellstofferzeugnis, dem Triolin, überzogen. Syphonartige Ablauftöpfe im Bogen sorgen im übrigen für die Abführung des Schmelz-, Tropf- und Spülwassers. Im wesentlichen ist mit vorstehendem die technische Durchbildung der Wagen gekennzeichnet.

Von besonderen Lüfteinrichtungen ist abgesehen worden, weil bereits der kleinste Spalt unter Mitwirkung der Fahrgeschwindigkeit die Isolierwirkung aufhebt und ferner der Feuchtigkeit, den Bakterien, den Insekten und dem Staube den Zutritt gestattet. Zwar bedarf schlachtfeuchtes, d. h. nach der Schlachtung ungenügend ausgeblutetes und ausgedünstetes, sowie ungenügend vorgekühltes Fleisch einer kräftigen Lüftung,

[1]) D.R.P. 372 307.

Abb. 3. Inneres des Kühlwagens. Eisbehälter und Schutzwand im Hintergrund.

soll nicht alsbald eine Zersetzung eintreten. Aber derartiges Fleisch sollte man besser als nicht versandreif aus gesundheitstechnischen Gründen gar nicht auf die Reise schicken. Gute Vorlüftung und Kühlung der Ware, bestisolierte und gekühlte Wagen sichern beim Frischfleisch die Erhaltung der Güte auf größte Entfernungen. Frischfleischtransporte quer durch Deutschland und weit in die übrigen europäischen Länder hinein sind daher heute an der Tagesordnung.

Im Gegensatz zum trocken zu lagernden Fleisch soll der Seefisch feucht unter Eis gepackt sein, wenn seine Güte nicht leiden soll. Auch beim Fisch sind Transporte auf die größten Entfernungen gelungen, z. B. Emden—Genua in den heißesten Julitagen des vorigen Jahres. Auf die Verpackungs- und Beeisungsverfahren bei Seefischtransporten einzugehen, würde hier zu weit führen. Hervorgehoben zu werden verdient jedoch, daß es beispielsweise der sehr rührigen Kolberger Seefisch-Verwertungsgesellschaft gelungen ist, infolge Einführung der neuen Seefischkühlwagen ihren Fischversand und damit den Fang in einem Jahr auf fast das Doppelte des Vorjahres zu heben. Diese Werte sind sonach der deutschen Volkswirtschaft gewonnen worden. Der Erfolg ist im wesentlichen der sorgsamen Vorbehandlung, Verpackung und Beeisung mit zu verdanken, die der Leiter der Gesellschaft den Fischen vor und während des Bahntransportes unter sorgsamer Beachtung der Außentemperaturen angedeihen läßt. Ein so behandelter Seefisch, frisch oder geräuchert, bietet auch im fernsten Gebirgsdorf, sofern es der Kühlwagen erreicht, einen Genuß.

Die geschilderten Kühlwagen finden heute zum Wohl der Bevölkerung zu vielen Hunderten bereits Verwendung. Leider kann mit Rücksicht auf die Finanzlage die große Nachfrage nach diesen Wagen durch Neubeschaffung nur ungenügend gestillt werden.

Bisher wurden die Kühlwagen nur für geschlossene Ladungen bei Beeisung durch den Verfrachter zur Verfügung gestellt. Neuerdings hat nun als erste die Reichsbahndirektion Königsberg Kühlwagen für den Einzelstückgutversand in bestimmte, bis nach Berlin reichende Kurse eingestellt. [M 957]

Culemeyer,
Regierungsbaurat im Eisenbahnzentralamt, Berlin.

Elektrizitätswerke.

Die Elektrizitätsversorgung der Provinz Ostpreußen.

Infolge der geringen Bevölkerungsdichte und wegen des Fehlens einer größeren Industrie ist in der Provinz Ostpreußen (mit Ausnahme der an Westpreußen angrenzenden Kreise) der Bau von Überlandkraftwerken erst ziemlich spät — kurz vor Beginn des Krieges — eingeleitet worden. Dieser Umstand ist jedoch für die Durchführung einer einheitlichen Elektrizitätsversorgung der Provinz von großem Vorteil. Ostpreußen ist verhältnismäßig reich an natürlichen Wasserkräften. Den Süden des Landes durchzieht ein seenreicher Höhenrücken mit Erhebungen von mehr als 200 m ü. M., für dessen hauptsächlich nach Norden gerichtete Abflüsse demnach vom Quellgebiet bis zum Meer ein Gefälle von 100 bis 200 m zur Verfügung steht.

Im Jahr 1920 wurde auf Betreiben der Provinzialverwaltung und mit Unterstützung des Reiches für den Bau und Betrieb der zu errichtenden Kraftwerke und der geplanten 60 000 V-Fernleitungen das Unternehmen „Ostpreußenwerk", G. m. b. H., gegründet, während die Errichtung und der Betrieb der Mittelspannungs-Verteilnetze von 15 000 V drei unter Beteiligung der Provinz und der Landkreise gebildeten Gesellschaften, den Überlandwerken Gumbinnen, Königsberg und Osterode übertragen wurde. Um bis zur Inbetriebnahme der geplanten Wasserkraftwerke die bereits ausgebauten Teile der Überlandnetze mit Strom versorgen zu können, erwarb das Ostpreußenwerk das städtische Elektrizitätswerk Gumbinnen, das Kraftwerk Goldap und eine private Kraftanlage in Osterode und erweiterte sie durch Aufstellung von Dieselmotoren. Diese Kraftwerke sollen auch nach vollständigem Ausbau der Wasserkräfte bestehen bleiben und zum Ausgleich und zur Deckung der Spitzenbelastungen herangezogen werden.

Als erste der geplanten Wasserkraftwerke wurden im Februar 1924 die beiden an der Alle liegenden Kraftwerke Friedland und Gr. Wohnsdorf in Betrieb genommen. Die Alle führt bei

Niedrigwasser	Mittelwasser	Hochwasser	Katastrophen-Hochwasser
16 m³/s,	32,5 m³/s,	164 m³/s,	473 m³/s.

Durch einen 840 m langen und bis 17,6 m hohen Staudamm wird bei Friedland ein Staubecken von 30 km Länge mit einem Fassungsvermögen von 20,2 Mill m³ geschaffen und bei M. W. ein Gefälle von 14 m gewonnen. Das unmittelbar in den Staudamm eingebaute Kraftwerk, s. Abb. 4, ist als Spitzenkraftwerk für die Ausnutzung etwa des 3,7fachen Jahres-Mittelwassers, also 120 m³/s berechnet. Es enthält drei liegende Francis-Zwillingsturbinen von je 5400 PS und eine von 2100 PS, die mit den 6000 V-Stromerzeugern unmittelbar gekuppelt sind. Die Maschinenspannung wird auf die Übertragungsspannungen von 15 000 und 60 000 V transformiert im getrennt vom Krafthaus liegenden Schalthaus. Die Hauptentlastungsanlage im Staudamm neben dem Kraftwerk be-

burg mit den 60 kV-Fernleitungen. Die Fernleitungen, von denen bisher rd. 330 km im Bau und Betrieb und rd. 410 km geplant und in Vorbereitung sind, bestehen durchweg aus Aluminium auf sehr einfach ausgebildeten Schleuderbetonmasten, Abb. 6, die von einer eigens zu diesem Zweck gegründeten Gesellschaft hergestellt werden. Um die Unterhaltungskosten so gering wie möglich zu halten, hat man auch die Querausleger aus Schleuder- und Stampfbeton hergestellt und die Befestigungseisen der Hängeisolatoren durch Betonkappen geschützt, so daß keine vom Rost angreifbaren Teile an den Masten vorhanden sind. (ETZ Bd. 45 (1924) S. 1073 u. f.) [M 838] Lh.

höchster Stau +26,84
Staubecken
Turbinenkammer
Dynamoraum
19,25
8,50
RZ838Z1

Abb. 4. Schnitt durch das Krafthaus Friedland.

steht aus einem Wehr mit vier Schützenöffnungen von je 8 × 3,24 m² und einer selbsttätigen Überfallklappe von 8 × 1,3 m² und kann eine Wassermenge von 200 m³/s abführen. Die restlichen 173 m³/s des Katastrophenhochwassers fließen durch einen Überfallturm von 18 m Höhe und 14,8 m Dmr. im Staubecken ab. Der Bau einer Schleuse war nicht erforderlich, da die Alle bei Friedland noch nicht schiffbar ist; es genügte daher die Anlage einer Floßbahn.

Das bei der unregelmäßigen Wasserabgabe des Kraftwerkes nötige Ausgleichbecken von 2,3 Mill. m³ Inhalt wurde durch Errichtung eines Staudammes bei Gr. Wohnsdorf geschaffen, und hierdurch nochmals ein Gefälle von 5 m bei Mittelwasser gewonnen. Das Kraftwerk Wohnsdorf ist für die Ausnutzung einer Wassermenge von 60 m³/s ausgebaut und enthält vier stehende Francis-Zwillingsturbinen von je 1040 PS.

Abb. 5 zeigt die Lage der Kraftwerke und der Hauptumspannwerke Königsberg, Creuzburg, Elbing, Rastenburg und Insterburg (cont.)

Kraftwerk mit 60 kV-Uebertragung
Kraftwerk
60 kV-Transformatorenanlagen
60 kV-Leitungen fertig bezw. im Bau
60 kV-Leitungen geplant
eigene Kraftversorgung der Kreise
Memel-Land
Tilsit
Kurisches Haff
SEE
OST
ÜBERLANDWERK
ÜBERLANDWERK
Königsberg
Insterburg
Gumbinnen
Creuzburg
Friedland
Kampischkehmen
Frisches Haff
Gr. Wohnsdorf
Freistaat Danzig
Elbing
KÖNIGS-
GUMBINNEN
Braunsberg
Marienburg
Pr. Holland
Liebstadt
Stuhm
Rastenburg
Jucha
Littauen
ÜBERLANDWERK
Osterode
Allenstein
BERG
Marienwerder
Rosenberg
OSTERODE
Polen
RZ838Z2

Abb. 5. Kraftwerke mit 60 kV-Netz der Ostpreußenwerk A.-G.

Verbrennungskraftmaschinen.

Leistungserhöhung von Verbrennungskraftmaschinen.

In der Jahresversammlung der Brennkrafttechnischen Gesellschaft am 12. Dezember 1924 sprach Oberingenieur Noack, Baden (Schweiz), über die heute bekannten Verfahren durch Vorverdichtung der Luft oder des Brennstoffgemisches mit Aufladegebläsen die Leistung von Verbrennungskraftmaschinen zu steigern, und über die Verwendung von Abgasturbinen zum Antrieb dieser Gebläse.

Die Leistung einer Verbrennungskraftmaschine kann man durch Erhöhung des mittleren Kolbendruckes steigern. Dazu braucht man wärmereichere Gemische oder größere Gemischmengen. Während man brennstoffreichere Gemische kaum dauernd verwenden kann, ist das Aufladen größerer Gemischmengen in die vorhandenen Zylinder theoretisch unbegrenzt. Praktisch hat man zu unterscheiden, ob man zum Aufladen Maschinen der heutigen Bauarten oder besonders gebaute Maschinen anwenden soll. Heutige Dieselmaschinen dürften Aufladedrücke bis zu 1,4at abs ohne wesentliche Änderung zulassen. Dabei kann man zwei Möglichkeiten unterscheiden:

1. Aufladung bei gleichbleibendem Verdichtungsverhältnis, wobei sich mit dem Aufladedruck der Enddruck der Verdichtung ändert. Bei gleichem Brennstoffgehalt bleibt das Expansionsverhältnis und im wesentlichen auch die Temperatur und der indizierte Wirkungsgrad gleich, während der Enddruck der Expansion erhöht wird.

2. Aufladung bei gleichem Enddruck, wobei man mit dem Aufladedruck den Verdichtungsraum vergrößern muß. Das Expansionsverhältnis im Zylinder wird dann kleiner, die Temperaturabnahme bei der Expansion und dementsprechend auch der indizierte Wirkungsgrad geringer. Beim ersten Verfahren drückt sich die Erhöhung des indizierten Mitteldruckes durch die Vergrößerung des Diagramms in senkrechter, beim zweiten Verfahren in wagerechter Richtung aus.

Eine Verbesserung des Wirkungsgrades bringt bei der Aufladung die Möglichkeit größerer Luftüberschüsse und damit vollständigerer Verbrennung, die Unveränder-

RZ838Z3

Abb. 6. Betonmast einer 60 KV-Doppel-Drehstromleitung des Ostpreußenwerkes.

Abb. 7. Abgasturbine mit Spülluftgebläse.

lichkeit der mechanischen Verluste bei erhöhter Leistung und die kräftige Spülung auch bei Viertaktmaschinen. Die Leistung wird bei gleichem Aufladedruck und erhöhtem Enddruck der Verdichtung größer, der Wirkungsgrad besser als bei gleichbleibendem Enddruck der Verdichtung und größerem Verdichtungsraum.

Auch für die Ausnutzung der Abgasenergie in Gasturbinen gibt es zwei Verfahren:

1. Die Gleichraum- oder Verpuffungsturbine, wobei die mit hoher Geschwindigkeit ausströmenden Gase ohne weitere Druckumsetzung auf das Turbinenrad geleitet werden. Der Wirkungsgrad der Energieumsetzung ist wegen der wechselnden Geschwindigkeit und Beaufschlagung gering, aber die Kolbenmaschine wird durch das Nachschalten der Gasturbine nicht beeinträchtigt.

2. Die Gleichdruck-Turbine, wobei man Abgase in einem Aufnehmer staut, so daß sie mit gleichbleibender Geschwindigkeit auf das Rad strömen. Eine solche Gasturbine arbeitet unter sehr günstigen Verhältnissen, die Temperaturen sind bei Dieselmaschinen mäßig, der Wirkungsgrad der Turbine ist gut. Im allgemeinen muß der Gegendruck der Kolbenmaschine gleich dem Aufladedruck sein, wenn die Gasturbine die Energie zum Antrieb des Aufladegebläses erzeugen soll.

Die Firma Brown, Boveri & Cie. hat zurzeit eine Gleichraum-Gasturbine für einen raschlaufenden Dieselmotor von 500 PS auf dem Prüfstand; diese ist mit dem Spülluftgebläse, Abb. 7, gekuppelt und setzt von den theoretisch verfügbaren rd. 200 bis 250 PS Auspuffenergie 70 bis 80 PS in Nutzarbeit um. Das Aufladegebläse ist das gleiche Spülluftgebläse, wovon die Firma Brown, Boveri & Cie. bereits über 90 Stück ausgeführt hat. Außer durch die Gasturbine kann das Aufladegebläse auch mittels Dampfturbine, Elektromotors oder über ein Getriebe vom Dieselmotor selbst angetrieben werden. Der Antrieb mittels Gasturbine scheint technisch und wirtschaftlich am günstigsten. Aber auch für den Dampfturbinenantrieb reicht die Abgaswärme aus, wenn die Aufladedrücke nicht über 1,3 at abs betragen. Nach den Vorschlägen von A. Büchi, Winterthur, kann man ferner die Aufladung bis auf 2 oder 3 at steigern und Kolbenmaschinen für entsprechend höhere Enddrücke der Verdichtung (60 bis 100 at) verwenden. Die Abgase werden in einer Turbine ausgenutzt. Eine Versuchsmaschine von rd. 20 PS Leistung ohne Vorverdichtung hat bei 2,8 bis 3 at abs Vorverdichtung bis zu 100 at Enddruck der Verdichtung erreicht. Der Gegendruck war 6 bis 8 at abs. Rechnet man als Wirkungsgrad der Abgasturbine 75 vH und als Wirkungsgrad der Vorverdichtung, bezogen auf die Isotherme, 70 vH, so ergibt schon die kleine Versuchsmaschine bis zu 40 vH Gesamtwirkungsgrad, wobei die Leistung einschließlich der Abgasturbine und abzüglich der Pumpen auf 74,5 PS, d. h. rd. das 3,8fache der Maschine ohne Aufladung erhöht wurde.

Neben der wirtschaftlichen Verbesserung ermöglicht dieses „Verbund"-Verfahren vornehmlich geringere Gewichte und Abmessungen der Maschine. Nach Büchi beträgt das Verhältnis der Gewichte für eine 4000 PS_e-Maschine bei gleichen Kolbengeschwindigkeiten für

	Viertakt	Zweitakt	Verbund
rd.	100	59,5	32
und bei gleichen Drehzahlen rd.	100	74	51.

[N 1020]

Dampfkraftanlagen.

Nietlochrisse in Wasserrohr-Dampfkesseln.

Wiederholte Anfragen darüber, ob man auch in Amerika Nietlochrisse bei Wasserrohrkesseln kenne, und ob bei ihrem Entstehen das Speisewasser eine Rolle gespielt habe, veranlaßten uns, Herrn Dr. Münzinger, der soeben von einer Studienreise durch die Vereinigten Staaten zurückgekehrt ist, um eine Auskunft zu bitten, die wir nachstehend wiedergeben:

„Ich habe bereits vor meiner Reise einigen Interessenten mitgeteilt, daß auch in Amerika Risse in den Nietlochreihen von Wasserrohrkesseln vorgekommen sind, und daß hierbei das Speisewasser eine erhebliche Rolle gespielt hat.

Auf Grund meiner Reise durch die Vereinigten Staaten, wo mir jede nur denkbare Unterstützung und Auskunft in der bereitwilligsten und liebenswürdigsten Weise gewährt wurde, kann ich nun weiter sagen, daß Nietlochrisse drüben gerade so wie bei uns aufgetreten sind. Während aber die in Deutschland sich mit diesen Schäden befassenden Kreise die Gründe meines Wissens wohl nur in Material- und Herstellungsfehlern suchten, haben die Amerikaner den Einfluß des Speisewassers sehr eingehend erforscht und gefunden, daß es hervorragenden Anteil an solchen Schäden hat. Durch das Speisewasser verursachte Risse sind hauptsächlich dann zu befürchten, wenn ein erheblicher Teil des Speisewassers nicht aus Kondensat, sondern aus gewissen, chemisch gereinigten Wassern besteht. Mehrere bedeutende von mir besuchte Werke fügen daher dem Speisewasser bestimmte, die schädlichen Eigenschaften aufhebende Stoffe bei und haben damit sehr gute Ergebnisse erzielt. Man scheint ferner mit Rücksicht auf das Speisewasser gut daran zu tun, die Nietnähte etwas anders, als es bei uns üblich ist, auszuführen, doch liegt der Unterschied nicht in der Höhe des Nietdruckes. Ähnlich wie in Deutschland sind die Risse in Amerika fast nur in ganz bestimmten Landesteilen mit ganz bestimmter Wasserzusammensetzung und -reinigung aufgetreten.

Ich möchte den Kesselbesitzern zunächst raten, schadhafte Trommeln nicht ohne weiteres gegen neue auszuwechseln, da ohne Übergang zu anderm Speisewasser oder geeigneter Wasserbehandlung weitere Risse zu erwarten wären. So wichtig gute Bleche und sorgsame Herstellung der Kessel natürlich immer sind, so unerläßlich ist auf Grund der amerikanischen Erfahrungen eine geeignete Wasserwirtschaft, wenn Nietlochrisse aufhören und sich keine neuen bilden sollen.

Berlin, 31. Januar 1925. Münzinger."

Herr Dr. Münzinger hat in Aussicht gestellt, unsern Mitgliedern über einige Ergebnisse seiner Reise auf der Hauptversammlung des V. d. I. noch ausführlicher zu berichten. [N 120]

Öle.

Technisches und Wirtschaftliches zur deutschen Treib-, Heiz- und Schmiermittelversorgung[1].

Der Weltkrieg hat die Notwendigkeit des Öles für alle militärischen Zwecke augenfällig gezeigt. Möglichst uneingeschränkter Besitz dieser Rohstoffquellen ist deshalb das wahre Ziel der Politik aller Großmächte, das in allem diplomatischen Ringen, allerdings geschickt verschleiert, eine wichtige Rolle spielt. Die ständig zunehmende Erdölförderung hat 1923 rd. 142 Mill. t Rohöl erreicht, davon lieferten 88 vH Nordamerika und Mexiko, die allerdings auch die größten Verbraucher (etwa 80 vH) sind. Hauptverbraucher ist das Verkehrswesen: 30 vH der Weltschiffahrt verwenden Öl als Energiequelle (gegen 3 vH im Jahre 1913); Ende 1923 war der Weltbestand an Kraftfahrzeugen 18,2 Mill. (gegen 2 Mill. im Jahre 1914); davon entfallen 80,5 vH auf die Vereinigten Staaten, 19,5 vH auf die andern Länder. Deutschland verfügte am 1. Januar 1924 über 153 000 Kraftwagen; den zukünftigen Bedarf der deutschen Verkehrswirtschaft schätzt man auf 50 000 Wagen jährlich. So gewinnt das Öl eine immer wichtigere Stellung im Energiehaushalt aller Völker.

Einen Überblick über Deutschlands Ölwirtschaft gibt folgende Zahlentafel:

	1913			1922			
	Einfuhr 1000 t	Verbrauch 1000 t	Verbrauch vH	Einfuhr 1000 t	Inlanderzeugung 1000 t	Verbrauch 1000 t	Verbrauch vH
Schmieröl	248	270	18	289	20	310	30
Leuchtöl	745	770	52	193	3	196	19
Benzin (Benzol)	167	200	14	159	150	309	30
Treiböl (Gasöl und Schwerbenzin)	129	233	16	108	1[illegible]0	228	21
Summe	1289	1473	100	749	2[illegible]3	1043	100

Auffallend ist die erhebliche Abnahme der Leuchtöleinfuhr, die durch die weitgehende Einführung der Gas- und Elektrizitätsbeleuchtung während des Krieges bedingt ist. Auch die Einfuhr an Benzin hat sich durch die erhebliche Steigerung der Benzolerzeugung verringert. Verglichen mit dem Ölverbrauch anderer Länder ist der deutsche Ölverbrauch gering. Auf den Kopf der

[1] Dr. Faber, Mitteilungen der Wärmestelle Düsseldorf Nr 68 vom 27. Dezember 1924.

Bevölkerung entfallen im Jahre 1923 in Deutschland 10,5 l, in Frankreich 46 l, in Großbritannien 120 l, in Amerika 860 l.

Die Deutschland allein noch zur Verfügung stehenden Erdölquellen in Hannover haben bei einer Erzeugung von etwa 50 000 t (1923) keine entscheidende Bedeutung. Daran haben neue Ölfunde in der Gegend von Celle, deren Ergiebigkeit die Zeitungsnachrichten sicher übertrieben haben, nichts geändert. Dagegen soll nicht übersehen werden, daß der seit 1917 durchgeführte bergmännische Abbau eine vollständigere Erfassung des Erdöles zuläßt, und daß auch die Möglichkeit vorliegt, durch tiefergehende Bohrungen neue Ölquellen zu erschließen.

Neben den Schmiermitteln sind die Motortreibmittel die wichtigsten Ölerzeugnisse für Deutschland. Entscheidend für den Wert dieser Betriebstoffe ist der Preis für die im Motor nutzbar gemachte Wärmeeinheit. Nach diesem Energiepreis berechnet, könnte, verglichen mit Benzin, Benzol etwa ⅕ und Tetralin etwa ²/₅ teurer sein, während Sprit 50 vH billiger gehandelt werden müßte. Ein teurerer Betriebstoff ist nur dann gerechtfertigt, wenn er Aussicht auf größere Betriebsicherheit oder geringere Abhängigkeit von besonderen Motorbauarten bietet. Diese Vorzüge haben insbesondere Benzin und Benzol.

Inlandbenzin aus hannoverschen Rohölen, aus mitteldeutschen Braunkohlenrevieren oder Steinkohlendrehöfen ist kaum im Handel. Neuere Verfahren, aus den Mittelölen der Teerdestillation Benzin abzuspalten, arbeiten zu teuer. Benzol, das motorentechnisch gleich günstig wie Benzin ist, wird ausschließlich in Gasanstalten und Kokereien gewonnen. Von der Jahreserzeugung 1922, die etwa 190 000 t betrug, wurden 35 000 t an das Ausland abgeliefert und 40 000 t in der chemischen Industrie verbraucht, während der Rest dem Kraftfahrbetrieb diente.

Mischbrennstoffe konnten gegenüber dem bequemer verwendbaren Benzin oder Benzol für den Kraftwagenbetrieb nicht durchdringen. Hinsichtlich der Güte der Verbrennung gleichen dem Benzol annähernd Tetralitbenzol (61 vH Motorenbenzol, 30 vH Sprit, 9 vH Tetralin), Benzolspiritus (70 vH Motorenbenzol, 30 vH Sprit), Reichskraftstoff (50 vH Motorenbenzol, 25 vH Sprit, 25 vH Tetralin). Tetralin wird von der Rodlebener Tetralin-Gesellschaft aus Naphthalin durch katalytische Anlagerung von Wasserstoff hergestellt, ist somit an die Naphthalinerzeugung gebunden, die etwa 240 000 t beträgt.

Die Verwendung des Sauggasbetriebes für Kraftfahrzeuge ist noch im Versuchstand. Auf diesem Gebiet arbeiten die Firmen Julius Pintsch A.-G., Berlin, Niebaum & Gutenberg, Herford, Deutsche Holzgasgeneratorwerke, Liegnitz, Motorenfabrik A.-G., Darmstadt, und Stock Motorpflug A.-G., Berlin. Betriebstechnische Nachteile des Sauggasmotors sind geringe Bereitschaft, ungenügende Anpassung an schwankende Lasten und große Empfindlichkeit der Einrichtungen. Die Betriebskosten betragen nur ⅙ der des Benzinbetriebes.

Der Schwerölmotor kommt außer für ortfeste Anlagen für die Schiffahrt und den Lastkraftwagenbetrieb in Frage. Die Betriebstoffkosten stellen sich verhältnismäßig für Gasöl = 1, Benzol = 3, Petroleum = 2, Steinkohlenteeröl = 0,8. Die Fortschritte der Semmlerschen Siedekühlung ermöglichen, auch stark phenolhaltige Gasöle mit Siedegrenzen von 120 bis 250 °C zu verarbeiten. Auch neuere Bauarten (Thermokrat, Pallas, Graetzin) erreichen ähnliche Ergebnisse.

Die greifbaren Mengen an deutschen Steinkohlenteerölen für den Motorbetrieb werden mit 20 000 bis 50 000 t jährlich angegeben. Eine größere Menge phenolhaltiger Kohlenteeröle geht zu Tränkzwecken ins Ausland. An Braunkohlenteerölen aus Schwel- und Generatorteer wurden 1922 65 000 bis 70 000 t, an Messeler-Schieferteerölen 8000 t gewonnen, so daß etwa die Hälfte des Treibölbedarfes durch Inlandsteere gedeckt werden kann.

Spiritus ist nur in Sondermotoren verwendbar, aber für solche ein sehr geeigneter Kraftstoff, dessen Wärmepreis aber zu hoch ist. Im Jahre 1922 wurden aus Kartoffeln 115 000 t, aus Sulfitablauge 6000 t und aus Karbid 3600 t Spiritus hergestellt.

Die Erweiterung der deutschen Ölversorgung durch Ausbau der Kokereien und Gasanstalten ist an sich möglich. Es entfallen auf 700 kg Koks im Mittel 10 kg Teeröl, 10 kg Benzol und 3 kg Naphthalin, so daß man aus wirtschaftlichen Gründen mit der Steigerung der Ölerzeugung neue Absatzmöglichkeiten für Gas und Koks schaffen müßte. Bei der Braunkohlenteergewinnung, die wegen des geringen Durchsatzes der Rolle-Öfen (4 bis 5 t täglich) in größerem Umfange nur durch Generatoren erfolgen kann, entstehen ebenfalls schwer verkäufliche Mengen eines noch dazu geringwertigen Gases (1000 kcal/m³). Diese Gase fallen zwar bei den neueren, mit heißen Spülgasen arbeitenden Verfahren fort; dafür aber entstehen große Mengen Grudekoks, die man vielleicht einmal in Kohlenstaubfeuerungen verwerten wird. Die Bemühungen, Dampfkesselfeuerungen mit Urteergewinnung zu verbinden, sind über Versuche noch nicht hinausgekommen. Die Teergewinnung in senkrechten oder wagerechten Drehtrommeln (Bauarten Thyssen, Fellner & Ziegler, Bamag-Meguin, Mathias Stinnes, Essen) hat Nachteile, weil die Kohle zermahlen und der Teer zu stark zerstäubt wird.

Der Gedanke, die Bitumenbestandteile der Kohle zu gewinnen und dann erst die Koks zu verbrennen, ist zweifellos richtig. Die Vergasung im Generator ist aber wegen der anfallenden geringwertigen Gasmengen kein gangbarer Weg. Demgegenüber bringt die Schwelung unter Gewinnung von hochwertigem Urgas und Halbkoks wesentliche Vorteile, hinsichtlich der Teerausbeute und der Möglichkeit, die Koks zu stapeln. Es scheint durchaus möglich, den deutschen Ölbedarf von etwa 1 Mill. t durch Verschwelung von 34 Mill. t Kohle zu gewinnen, wofür die Elektrizitätswerke, die Großgewerbe und die Brikettherstellung, die jährlich rd. 63 Mill. t Kohle verbrauchen, herangezogen werden können.

Für die wirtschaftliche Verwertung der Urteere ist die Veredelung der Phenole von größter Wichtigkeit, da Steinkohlenurteer oft über 50 vH und Braunkohlenurteer 15 bis 40 vH Phenole enthält. Zum Abscheiden von Phenol dient Natronlauge (Dea-Rositz), wässeriger Alkohol (Riebeck) oder flüssiges Schwefeldioxyd (Edeleanu). Ein neuer Weg chemischer Phenolverwertung ist die Hydrierung zu Benzol und seinen Homologen. Die Durchführung dieses Verfahrens im Großen würde nicht nur der steigenden Benzolnot abhelfen, sondern auch die Urteerverarbeitung wirtschaftlicher gestalten. (Vergl. Z. 1925 S. 15.)

Dem Erdölbenzin nahestehende Betriebstoffe lassen sich auch durch Zersetzungsdestillation aus höher siedenden Teerfraktionen (Gasöl, Paraffinöl u. a.) herstellen (Spaltbenzin). Diese Verfahren werden aber kaum in größerem Umfange durchgeführt werden, solange der Teerölverkauf für andre technische Zwecke lohnt.

Im Versuchstand befindet sich noch die Kraftstoffsynthese aus Gasen. Die Badische Anilin- und Sodafabrik stellt aus Kohlenoxyd und Wasserstoff bei etwa 400 °C und 100 at Druck in Gegenwart von Katalysatoren einen alkoholhaltigen flüssigen Brennstoff her. Zu einem ähnlichen Erzeugnis führt das „Synthol“-Verfahren von Fischer und Tropsch, das von Wassergas ausgeht. Am weitesten durchgebildet ist das Bergius-Verfahren, bei dem man Kohle durch unmittelbare Anlagerung von Wasserstoff (Kokereigas) bei 400 bis 500 °C und 100 bis 150 at ohne Katalysator verflüssigt. Aus oberschlesischer Flammkohle wurden erhalten: 55 vH neutrale Öle, 15 vH Gas, 10 vH Wasser, 15 vH wenig veränderter Kohle, 0,5 vH Ammoniak, Rest Verluste. Die technischen Fragen des Bergius-Verfahrens scheinen gelöst zu sein, so daß sich jetzt verschiedene Stellen mit der Verwertung in großem Maßstabe befassen.

Die Versorgung Deutschlands mit Schmiermitteln erfolgte 1922 zu 83 vH durch Nordamerika, während Rußland, das 1913 noch 38 vH lieferte, ganz ausfiel. Während man vor dem Kriege fast nur Erdölschmiermittel benutzte, kamen während des Krieges Teerfettöle und Braunkohlenteeröle in Gebrauch, die für viele Zwecke durchaus geeignet sind. Die wissenschaftlich-technische Bearbeitung der Schmiermittelfrage im Kriege hat jedenfalls wertvolle Anregungen für die Schmierölbeschaffung gegeben, an denen aussichtsreich gearbeitet wird. Man erkannte auch die Möglichkeiten, merkliche Ersparnisse in der Menge und der Güte der verbrauchten Schmiermittel zu erzielen. Trotzdem wird der deutsche Schmierölmarkt, insbesondere für hochwertige Sorten, vom Ausland abhängig bleiben.

[N 28] Hilliger.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Untersuchungen über den Einfluß der Betriebswärme auf die Steuerungseingriffe der Verbrennungsmaschinen. Von Dr.-Ing. C. H. Güldner. Berlin 1924, Julius Springer. 122 S. m. 51 Abb. u. 5 Taf. Preis geh. Gm. 5.10, geb. Gm. 6.

Das Buch enthält drei Teile, wovon nur der eine das behandelt, was der Titel des Buches ankündigt. Der erste Teil befaßt sich mit der Betriebswärme und ihrer Einwirkung auf Maschine und Triebwerk. Unterlagen über die Betriebswärme sind fleißig zusammengetragen, und hierbei hat der Verfasser auch Gelegenheit, sich als sattelfesten Mathematiker zu zeigen, indem er u. a. eine sehr schöne Ableitung der Anwärmevorgänge vorführt.

Wer jedoch nur dem Buchtitel Entsprechendes sucht, überblättert diese Einleitung und auch den selbständigen Abschnitt über theoretische Kinematik. Der Verfasser hat aber hier die Fragen der umlaufenden Nocken erschöpfend bearbeitet, was ihm viele danken werden, die in der Unzahl von Veröffentlichungen bisher keine greifbaren Ergebnisse gefunden haben. Die Prellschläge im Steuerungeingriff sind eingehend und originell erörtert.

Die Beweise für die Geringfügigkeit der Einflüsse der Maschinenbeschleunigung und für die Wechselwirkungen zwischen Nocken und Schließfeder wären jedoch durch Betrachtung der veränderlichen Getriebeübersetzung und ihres stetigen und unstetigen Verlaufes kürzer und durchsichtiger geworden.

Der größte Wert des Buches, das der Verlag gut ausgestattet hat, liegt in der Vollständigkeit und übersichtlichen Besprechung der Fragen aus dem Gebiete der Steuerungen und in der Mitteilung von Erfahrungen und großzügigen Versuchen, wozu der Verfasser an berufenster Stelle Gelegenheit hatte. [E 935]

Prof. Dr. Rudolf Doerfel.

Elektrische Papiermaschinenantriebe. Ein Lehrbuch der Energie-**Steuerungseingriffe der Verbrennungsmaschinen.** Von Dr.-Ing. C. H. Güldner. Berlin 1924, Julius Springer. 122 S. m. 51 Abb. u. 5 Taf. Preis geh. Gm. 5.10, geb. Gm. 6.

Der zweite Band des von Prof. Dr.-Ing. eh. W. Philippi herausgegebenen Sammelwerkes „Elektrizität in industriellen Betrieben" enthält eine erschöpfende Behandlung des elektrischen Antriebes von Papiermaschinen nach jeder Richtung hin. Hierzu verfügte der Verfasser als Oberingenieur der Siemens-Schuckertwerke, Berlin, über reiches Material. Nach einigen einleitenden Worten über die Papiermaschine werden die Anforderungen an den Antrieb der Papiermaschine, der Energiebedarf der Papiermaschine und des Rollapparates und die Ausführungsmöglichkeiten des regelbaren Papiermaschinenantriebes besprochen. Die Regelsysteme selbst, das Verhalten der einzelnen Anordnungen hinsichtlich der Geschwindigkeitskonstanz, die selbsttätige Gleichhaltung der Arbeitsgeschwindigkeit, der Einzelantrieb sowie die Ausführung der Papiermaschinenantriebe werden ausführlich behandelt. Zum Schluß wird kurz die Frage der regelbaren Dampfmaschine gestreift, ebenso die der elektrischen Heizung der Trockenzylinder.

Der erste und letzte Teil des vorzüglichen Buches ist mehr für den Papiermacher und die in der Papierindustrie praktisch tätigen Ingenieure beachtenswert, der mittlere Teil, der eine ziemliche Menge von elektrischen Kenntnissen voraussetzt, mehr für den Konstrukteur, der solche Antriebe zu entwerfen und auszuführen hat. Der Gründlichkeit, Reichhaltigkeit und Übersichtlichkeit, mit der das Thema behandelt ist, kann man nur vollste Hochachtung zollen.

Nicht einverstanden bin ich aber damit, daß der Antrieb von Papiermaschinen durch eigene regelbare Dampfmaschinen geradezu als falsch bezeichnet wird. Diese Maschinengattung hat sehr wohl ihre Existenzberechtigung und arbeitet in vielen Fällen sehr wirtschaftlich; daneben ist sie einfach zu bedienen und sehr betriebsicher. In der Tat verschafft sie sich gerade in allerneuester Zeit immer mehr Eingang in die Betriebe. Auch ihre Regelbarkeit von der Maschinenführerseite aus ist gelöst. Es wird sicher so kommen, wie es sehr oft in der Technik anzutreffen ist, daß sich zwei gute Dinge: elektrischer Antrieb und regelbare Dampfmaschine, nebeneinander werden behaupten können.

Papier und Ausstattung des Buches sind vorzüglich; der Preis kann für das, was geboten wird, als nicht zu hoch bezeichnet werden. [E 1036] Dr. v. Lassberg.

Die Baumaschinen. 4. Teil des Handbuches der Ingenieurwissenschaften, Zweiter Band, 2. Kapitel: „Der Schachtbau". Von O. Stegemann. Herausgegeben von H. Weihe. Leipzig 1924, Wilhelm Engelmann. 114 S. m. 91 Abb. Preis Gm. 6.

Ein Buch über den Schachtbau muß notwendigerweise in erster Linie Gedanken der Praxis zur Anschauung bringen. Denn wohl kein Gebiet des Baubetriebes ist neben der Tiefbohrtechnik so sehr ein Ergebnis rein praktischer Erfahrungen wie das des Schachtbaues. Alle wissenschaftlichen Erwägungen werden hier durch die Naturgewalten leicht über den Haufen geworfen.

So sehen wir denn auch den Verfasser für die verschiedensten Möglichkeiten, die im Schachtbau auftreten können, Anleitungen vornehmlich baulicher Art geben. Stegemann behandelt nacheinander das Abteufen auf der Schachtsohle, das Gefrierverfahren und schließlich das Abbohren von Schachten. Die Einrichtungen, die allen Verfahren mehr oder minder gemeinsam sind, wie die Förder- und Bewetterungs-, Beleuchtungs- und sonstigen Anlagen, das Sümpfen und die Wasserhaltungen mittels Abteufpumpe werden ausführlicher am Anfang behandelt und so störende Wiederholungen vermieden. Der Verfasser bespricht die einfachen Formen der Hereingewinnung des Materials, dessen Förderung, die verschiedenerlei Arten des Schachtausbaues, wobei er mehrfach des längeren bei der Küvelage und den Tubbings, die ja eine außerordentliche Bedeutung erlangt haben, verweilt. Die Darstellung der Schachtausbetonierung, des Torkretierens, das heute vielfach angewendet wird, und der Mörtelhinterspritzung befriedigt nicht ganz.

Sehr wertvoll sind die Angaben, die Stegemann über das Gefrierverfahren bringt. Der Leser lernt die wirtschaftlichen Nachteile kennen, die mit der langen Vorbereitung verbunden sind. Das senkrechte Niederbringen der Bohrlöcher sollte mit den neuzeitlichen Einrichtungen der Tiefbohrtechnik keine Schwierigkeiten machen. Das Verfahren stellt wohl das zuverlässigste Schachtbauverfahren überhaupt dar, aber auch eines der teuersten. Gefahren können eigentlich nur beim unsachgemäß ausgeführten Auftauen auftreten. Besondere Maßnahmen hinsichtlich der Arbeiter erfordert das Tiefkälteverfahren.

Zuletzt bringt der Verfasser die Abteufverfahren von der Oberfläche aus. Sie sind der Tiefbohrtechnik am ähnlichsten, daher „Abbohren von Schächten". Alle die Einrichtungen, die dort gebräuchlich sind, finden wir allerdings ins große übertragen und darum recht schwerfällig anmutend wieder. Gegliedert ist der Abschnitt in das Kind-Chaudron- und das Senkverfahren. Der Bauingenieur wird besonders beim letzteren viel Ähnlichkeit mit der Brunnengründung finden. Der Schachtausbau ist hier von ganz besonderer Bedeutung. Wertvoll sind die wirtschaftlichen Vergleiche des Verfassers. Man sieht auch, daß nur die Sonderkenntnisse einer erfahrenen Schachtbaufirma unter schwierigen Verhältnissen Ersprießliches zuwege bringen könne. Vermißt werden einige Angaben über das Verfahren der Siemens-Bauunion G. m. b. H. in Berlin zum Abteufen von Schächten nach den Methoden der Grundwassersenkung, das in Senftenberg bei der Grube Matador durch seine wirtschaftlichen Ergebnisse von sich reden gemacht hat, und das insbesondere nach der Schaffung einer geeigneten Tiefbrunnenpumpe berufen ist, an vielen Stellen die andern Verfahren zu ersetzen.

[E 1016] Dr. Georg Garbotz.

Die Windführung beim Konverterfrischprozeß. Von Payo Folkerts. Berlin 1924, Julius Springer. 160 S. m. 58 Abb. Preis Gm. 13.10.

Der metallische Werkstoff. Bd. 2: **Grundbegriffe der mechanischen Technologie der Metalle.** Von Georg Sachs. Leipzig 1925, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 318 S. m. 232 Abb. Preis Gm. 13.

Betriebstaschenbuch. Herausgeg. v. R. Horstmann u. K. Laudien. **Beleuchtung.** Bearb. v. Paul Heyck. Leipzig 1924, Max Jänecke. 35 S. m. 30 Abb. Preis Gm. 1.20.

Betriebstaschenbuch. Herausgeg. v. H. Horstmann u. K. Laudien. **Industriebauten.** Planung, Bauarten, Baukosten, techn. u. geschäftl. Ausführung v. Neu- u. Erweiterungsbauten. Bearb. v. Max Weßlau. Leipzig 1924, Max Jänecke. 144 S. m. 22 Abb. Preis Gm. 3.

Electric Lift Equipment for Modern Buildings. By Ronald Grierson. London 1923, Chapman & Hall. 178 S. m. 96 Abb. Preis 15 s.

Wissenschaftliche Buchführung im Baugewerbe. Ein Beitrag zur Verbesserung der baugewerblichen Arbeit. Reihe A H. 4. Berlin 1924, Vorwärts-Buchdruckerei. 95 S. m. 27 Abb. Preis Gm. 2.

Polities and Power. Von Gay E. Tripp, Wilkinsburg, Pa., 1924. The Westinghouse Club.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

NR. 7 SONNABEND, 14. FEBRUAR 1925 BD. 69

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 196.

Höchstdruckdampferzeugung durch Atmoskessel.

Von Prof. E. Josse, Charlottenburg.

Mit dem Atmoskessel sind neue Wege zur Erzeugung von Höchstdruckdampf beschritten worden, die jetzt auf Grund von Betriebs- und Versuchsergebnissen genauer beurteilt werden können.

Ingenieur Blomquist, der Konstrukteur des Atmosgenerators, hat schon als Mitarbeiter de Lavals am Bau von kleineren Höchstdruckdampfanlagen mitgewirkt, die auf der Kunst- und Industrie-Ausstellung in Stockholm vom Frühjahr bis Herbst 1897 im Betrieb waren. Vier 100 PS-Turbodynamos lieferten hier mit Dampf von 200 bis 220 at und 375 bis 400 °C den gesamten Bedarf der Ausstellung an elektrischer Energie. Während die Höchstdruckturbinen einwandfrei arbeiteten, zeigten die zugehörigen Dampferzeuger, die als Schlangenrohrkessel mit Schachtfeuerung für Kohle ausgebildet waren, mancherlei Mängel, hauptsächlich weil die Rohre infolge des Kesselsteinansatzes häufiger durchbrannten. Trotzdem hat Blomquist den Gedanken, Höchstdruckdampf ausschließlich in Rohren zu erzeugen und Oberkessel, Trommeln, Nietverbindungen zu vermeiden, bei Wahrung geringen Wasserraumes und unbehinderter Ausdehnung der einzelnen Teile unter dem Einfluß der Wärme weiter verfolgt.

Bei dem ersten Versuchskessel von 1915 benutzte Blomquist als Dampferzeuger für 50 at ein einzelnes geschmiedetes wagerechtes Rohr, das mechanisch in Drehung versetzt und dem an einem Ende über eine umlaufende Stopfbüchse Wasser von Siedetemperatur zugeführt, am anderen Ende auf die gleiche Weise der erzeugte Dampf entnommen wurde.

Bei 300 Uml./min bildet sich infolge der Fliehkraft im Innern des Rotors ein hohler Wasserzylinder, dessen Dicke man mittels eines selbsttätigen Speisereglers einstellen kann. Die Dampfblasen, die sich an der inneren Rohrwand ansetzen, werden sofort bei ihrem Entstehen dadurch verdrängt, daß die Wasserteilchen wegen ihrer größeren Masse durch die Fliehkraft an die Wand gepreßt werden. Die Dampfblasen müssen daher durch die Wasserschicht radial nach innen ausweichen und in den vom Wasser gebildeten Hohlraum eintreten. Die innere Rohrwand bleibt dabei stets von siedendem Wasser benetzt, das infolge seiner schnellen Verdampfung sehr erhebliche Wärmemengen abführen kann.

Nach mehrjährigen Versuchen an dem einrohrigen Dampferzeuger, wobei es gelang, die Drehstopfbüchsen und den Speisewasserregler baulich in befriedigender Weise durchzubilden, wurde ein Kessel mit 6 umlaufenden Rohren für 60 at, bei 3000 kg/h Dampfleistung gebaut und in der Svenska Sockerfabriks Actiebolaget, Gotenburg, im November 1921 in Betrieb genommen, wo er eine 600 kW-Gegendruckturbine von de Lavals Turbinenfabrik, Stockholm, für 50 at Frischdampfdruck speiste.

Da dieser Dampferzeuger sich bewährte, nachdem man an den Stopfbüchsen anfangs noch einige Änderungen vorgenommen hatte, nahm dieselbe Fabrik im November 1923 einen weiteren Atmoskessel für 100 at und 4000 kg/h Dampfleistung in Betrieb.

Diesen Dampferzeuger habe ich im Juni 1924 gemeinsam mit Prof. Lindmark, Techn. Hochschule, Stockholm, und den schwedischen Ingenieuren Josefson, Lindhagen, Lundberg und Apetz, einer Prüfung unterzogen, der auch die Herren Obering. Loutz, Elsässische Maschinenfabrik, Mülhausen i. E., und Dipl.-Ing. Neßler, Sudenburger Maschinenfabrik und Eisengießerei A.-G., Magdeburg, beiwohnten.

Der untersuchte 100 at-Dampferzeuger, Abb. 1 bis 3, war mit einem Plutostoker ausgerüstet. Die Verbrennungsgase umspülen zuerst vier glatte, gewalzte Umlaufrohre von 19 mm Wandstärke aus gewöhnlichem SM-Stahl und fallen, abgelenkt durch das darüber angeordnete Gewölbe, durch zwei schmale Seitenzüge in zwei Rauchkanäle, die sich zu einem gemeinschaftlichen Fuchs vereinigen. In den Seitenzügen bestreichen die Feuergase zunächst zwei parallel geschaltete Dampfüberhitzer und dann zwei parallel geschaltete, aus je zwei hintereinander geschalteten Rohrgruppen bestehende Speisewasservorwärmer.

Die baulichen Einzelheiten des Atmosdampferzeugers, wie z. B. die Ausführung der Stopfbüchsen und des Speisereglers, sind schon in weiteren Kreisen bekannt geworden[1]), so daß hier lediglich die Besonderheiten der Atmosbauart vom Standpunkt der Dampferzeugung näher gekennzeichnet werden mögen.

Das Neuartige der Atmosbauart liegt in der ausschließlichen Verwendung von Rohren und insbesondere einer umlaufenden Verdampffläche aus Rohren (Rotoren), die nur Verdampfwärme zuführt, ferner darin, daß der Kessel ohne Schwerkraft-Wasserumlauf arbeitet. Das Speisewasser strömt vielmehr zwangläufig unter dem Druck der Speisepumpe in die Umlaufrohre. Hierdurch erreicht man, daß die Verdampfrohre auf allen Seiten gleichmäßig von außen beheizt und im Innern auf der ganzen Länge gleichmäßig und stark gekühlt werden.

Kennzeichnend für den Atmos-Dampferzeuger ist ferner, daß das Speisewasser, das eine elektrisch angetriebene, mit vier Kolben versehene Pumpe in die Vorwärmer drückt, dort unbedingt bis zur Siedetemperatur erhitzt wird, während man in den Speisewasservorwärmern der gebräuchlichen Kessel die Erhitzung nur auf etwa 80 °C unter der Siedetemperatur treibt, um Dampfbildung im Vorwärmer zu vermeiden. Im Gegensatz hierzu läßt man beim Atmos-Dampferzeuger, um die Siedetemperatur im Vorwärmer sicher zu erreichen, hier eine gewisse Dampfbildung, bei normaler Belastung bis etwa 12 vH der gesamten Dampfleistung, zu. Da mit steigendem Druck das Verhältnis von Flüssigkeitswärme zu Verdampfwärme wächst — z. B. sind bei 100 at Flüssigkeits- und Verdampfwärme gleich, s. Abb. 4 —, so bedeutet die restlose Zuführung der Flüssigkeitswärme im Vorwärmer eine erhebliche, mit dem Druck zunehmende Entlastung der Verdampffläche.

Um Anfressungen der schmiedeisernen Vorwärmerrohre im Innern infolge Gasgehalts (Luft, CO_2) zu vermeiden, hat man nach den Versuchen von Dieterle im

[1]) Z. Bd. 66 (1920) S. 633, Bd. 68 (1924) S. 139.

Elektrizitätswerk Gennevillers[1]) die Wassergeschwindigkeiten in den Vorwärmerrohren erheblich höher als die kritischen gewählt. Damit diese bei jeder Wassertemperatur verschiedene Geschwindigkeit erreicht werden kann, ist jeder der beiden Vorwärmer in mehrere, bei dem untersuchten Generator in zwei, Abb. 2, bei einer neueren Ausführung, Abb. 5, in drei hintereinander geschaltete Rohrgruppen von verschiedenem Durchlaufquerschnitt geteilt. Tatsächlich haben sich bei den bis jetzt ausgeführten Vorwärmern keinerlei Anfressungen ergeben. Neuerdings verengt man die Seitenzüge nach unten, Abb. 5, um die Rauchgasgeschwindigkeit mit fortschreitender Verminderung des Rauchgasvolumens infolge der Abkühlung gleich hoch zu erhalten und dadurch den Wärmedurchgang zu begünstigen.

Hinter dem Vorwärmer werden Wasser und Dampf dadurch getrennt, daß eine Sammelleitung, in welche die einzelnen Rohrschlangen der oberen Vorwärmer münden, in das Innere eines senkrechten Rohres führt, Abb. 1, von wo der Dampf nach oben in den Dampfsammler abströmt, während das Wasser abwärts in den sogenannten Wasserkasten fällt, aus dem es in die Rotoren gelangt. Bei einer neueren vereinfachten Ausführung, Abb. 6, wird das Dampf-Wasser-Gemisch aus dem Vorwärmer unmittelbar den beiden senkrecht angeordneten Dampfabscheidern zugeleitet.

Vor dem Versuch wurde der Dampferzeuger in längerer Betriebzeit beobachtet, während des Versuchs war er im Beharrungszustand. Er arbeitete einwandfrei und forderte nicht mehr Bedienung als ein normaler Dampfkessel.

[1]) Chaleur et Industrie 192. Sonderheft

Die während der Versuchszeit eingespeiste Wassermenge wurde in geeichten Behältern gemessen. Die im Vorwärmer erzeugte Dampfmenge von 320 kg/h wurde mittels einer Drosselscheibe bestimmt, die in das Verbindungsrohr zwischen Dampf-Wasser-Abscheider und Dampfsammler eingebaut war. Naturgemäß nimmt die Dampfbildung im Vorwärmer mit abnehmender Kesselbelastung zu.

Von der bei dem Versuch verwendeten schottischen Steinkohle (Cowden-Beath), die entsprechend der Bauart des Plutostokers mit Unterwind verfeuert wurde, wurde in üblicher Weise eine Durchschnittsprobe entnommen, deren Heizwert und Zusammensetzung in der Staatlichen Prüfungsanstalt in Stockholm bestimmt wurde; ebenso wurde der Heizwert der beiden ersten Schlackenabzüge ermittelt. Die dem Rost zugeführte Kohle und sämtliche Schlackendurchfälle wurden gewogen.

Die Analyse der Rauchgase war so vorbereitet, daß im rechten Seitenkanal vorn und hinten zwischen den beiden Vorwärmern je ein Orsat- und ein Duplex-Mono-Rauchgasprüfer angeschlossen waren. Außerdem wurden die Rauchgase vor dem Saugzugventilator mittels Orsat-Gerätes untersucht. Die Rauchgastemperaturen wurden ebenfalls im rechten Seitenkanal vorn und hinten gemessen.

Alle Meßgeräte (Thermometer, Manometer u. dergl.) waren geeicht, und ihr Einbau wurde sorgfältig geprüft.

Zahlentafel 1 enthält die Mittelwerte aus den Ablesungen. Die Ergebnisse sind betriebstechnisch und wärmetechnisch zu werten. Die umlaufenden Stopfbüchsen, die gegen den hohen Dampfdruck von 100 at abdichten müssen, und der selbsttätige Speisewasserregler sind diejenigen Bauteile des Dampferzeugers, die von vornherein Bedenken auslösen. Über ihre Zuverlässigkeit entscheidet allein die Erfahrung. Umlaufende Stopfbüchsen sind leichter zu beherrschen als hin- und hergehende; verwendet doch auch die neue Brünner Turbinenbauart am Hochdruckende umlaufende Stopfbüchsen.

Ich habe die ausgebauten Stopfbüchsenteile des oben erwähnten 60 at-Generators besichtigt, nachdem sie etwa 15 Monate in Betrieb waren, und mich von ihrer einwandfreien Beschaffenheit überzeugt. Auch die Betriebsleitung der Zuckerfabrik hat mir bestätigt, daß der Regler und die Stopfbüchsen, abgesehen von einigen Änderun-

Abb. 1. Atmos-Dampferzeuger für 4000 kg/h bei 100 at und 400 °C. Erklärung der Buchstaben s. Abb. 2 und 3.

Abb. 4. Verhältnis von Flüssigkeits- und Verdampfwärme in Abhängigkeit vom Dampfdruck.

Abb. 2 bis 3. Atmos-Dampferzeuger für 4000 kg/h Dampfleistung bei 100 at und 400 °C.

Rostfläche 7,4 m² Heizfläche der Umlaufrohre 13 m²

a = Plutostoker
b = Umlaufrohr
c u. *d* = Überhitzer
e u. *f* = Speisewasservorwärmer
g = Antriebmotor für die Umlaufrohre
h = Austritt aus den Vorwärmern
i = Sammelrohr
k = Dampfabscheider
l = Dampfüberströmrohr aus den Vorwärmern
m = Wasserkasten
n = Wassereintritt in die Umlaufrohre
o = Dampfaustritt aus den Umlaufrohren.

Abb. 5 und 6. Atmos-Dampferzeuger mit Umlaufrohren für 100 at und 425 °C.

a = Umlaufrohr
b u. *c* = Überhitzer
d u. *e* = Speisewasservorwärmer
= Austritt aus den Vorwärmern
g = Dampfabscheider
h = Dampfüberströmleitung aus den Vorwärmern
i = Wasserkasten.

gen, die bei dem 60 at-Dampferzeuger zu Anfang notwendig waren, den Betriebsansprüchen voll genügt haben.

Ebenso hat der 100 at-Atmosgenerator während der Anlauf- und Versuchszeit ohne Störung gearbeitet und, wie mitgeteilt wird, auch sonst den Anforderungen des Betriebes entsprochen, so daß die bauliche Lösung der beiden schwierigen Aufgaben — Stopfbüchsen und Speiseregler — als gelungen bezeichnet werden muß.

Daneben scheint das Bedenken berechtigt, daß einmal der Antrieb der Umlaufrohre infolge eines Fehlers am Antriebmotor versagt. Dann kann sich der Wasserring innerhalb der Rohre nicht bilden, ihre obere Hälfte füllt sich mit Dampf, der hoch überhitzt wird, während in der unteren die Verdampfung weitergeht, so daß sie wesentlich kühler bleibt. Diese Temperaturunterschiede bewirken, daß sich die Rohre verziehen, was im normalen Betrieb ausgeschlossen ist.

Solchen Schwierigkeiten sucht man dadurch zu begegnen, daß man zwei Antriebmotoren für die Umlaufrohre benutzt, Abb. 6, wovon jeder allein ausreicht; man schließt dabei entweder zwei Elektromotoren an verschiedene Stromquellen an oder verwendet einen Elektromotor und eine kleine Dampfturbine. Außerdem kann man im Notfall die Verdampferrohre auch mittels einer Handkurbel langsam weiterdrehen, wenn der Antrieb versagt. Der Kraftbedarf der Rohre ist gering, da sie in Rollenlagern laufen; bei dem untersuchten Kessel betrug er 3,3 kW. Die vollkommen freie Ausdehnung jedes Umlaufrohres unter dem Einfluß der Wärme kann man an einem Anzeiger beobachten.

Nach diesen Erfahrungen wird man die Betriebsicherheit des Atmosdampferzeugers nicht bezweifeln können. Selbstverständliche Bedingungen sind hierbei, wie für jeden Höchstdruckdampferzeuger, gereinigtes Speisewasser und bei schwankender Dampfentnahme ein Dampfspeicher nach Dr. Ruths im Niederdruckgebiet, der bekanntlich auch im Hochdruckgebiet ausgleicht.

Die Brennstoffausnutzung in der erwähnten 100 at-Atmosanlage betrug bei dem Versuch 73,2 vH, war also mäßig. Das Vorhandensein von CO in den Rauchgasen läßt auf zu geringen Luftüberschuß schließen. In der Tat zeigte sich nach dem Versuch, daß die Rostspalten für den Zutritt des Unterwindes stellenweise mit Schlacke zugesetzt waren. Vermeidung von CO in den Rauchgasen hätte den Wirkungsgrad auf etwa 77 vH gesteigert.

Infolge der hohen Temperatur, mit der die Rauchgase bei dem untersuchten Dampferzeuger die Vorwärmer verlassen, entsteht ein erheblicher Verlust an freier Wärme in den Abgasen, der rd. 14 vH beträgt bei 12,9 vH CO_2-Gehalt, und wenn man gleiche Verteilung der Rauchgaswärme links und rechts voraussetzt.

Bessere Ausnutzung der Abgase ist möglich durch Vergrößerung der Vorwärmheizfläche, die eine Steigerung der hier erzeugten Dampfmenge zur Folge hat; diese kann, wie Versuche gezeigt haben, 500 kg/h und mehr betragen, ent-

Zahlentafel 1.

Dauer des Versuches (11. Juni 1924, 8 Uhr nachm., bis 12 Juni 1924, 1 Uhr vorm.	h	5
Der Speisepumpe zugeführte Wassermenge	l	19 890
Verlust infolge Undichtigkeit des Sicherheitsventils der Speisepumpe	„	310
Wirklich zugeführte und verdampfte Wassermenge	„	19 580
Desgl. in der Stunde	kg/h	3 916
Temperatur des Speisewassers vor den Vorwärmern	°C	14
Temperatur des Speisewassers zwischen den beiden Vorwärmern, rechts	„	158
Temperatur des Speisewassers zwischen den beiden Vorwärmern, links	„	157
Temperatur im Wasserkasten	„	310
Druck im Dampfsammler hinter den Dampferzeugern	at	100,4
Druck hinter dem Überhitzer	„	91,6[1]
Dampftemperatur hinter dem Überhitzer	°C	391
Überhitzung	„	81
Wärmeinhalt des erzeugten Dampfes (nach Knoblauch, extra poliert)	kcal/kg	745
Zugeführte Wärmemenge	„	731
Im Dampf nutzbar gemachte Wärmemenge	kcal	14 313 000
Brennstoffverbrauch	kg	3 442
Durchfall durch den Rost während der Versuchsdauer: 1. Schlackenabzug	„	222
2. „	„	55
3. „	„	100
4. „	„	185
Unterer Heizwert der Kohle	kcal/kg	6 100
„ „ des ersten Schlackenabzuges	„	5 610
„ „ des zweiten „	„	3 790
Rostdurchfall, bezogen auf den verfeuerten Brennstoffheizwert:		
beim ersten Schlackenabzug	kg	204
beim zweiten „	„	34
zusammen	„	238
Rein verfeuerte Brennstoffmenge	„	3 204
„ „ „	kg/h	641
„ „ „ auf 1 m² Rostfläche	„	86,6
Gesamtwärmeaufwand	kcal	19 544 000
Auf 1 kg Brennstoff verdampfte Wassermenge	kg	6,11
Erzeugte Normaldampfmenge von 100 °C aus Wasser von 0 °C (639 kcal/kg) auf 1 kg Brennstoff	kg	9,98
Temperatur der Verbrennungsluft	°C	13
Mittelwert der Temperaturen der Rauchgase im rechten Seitenkanal, vorn und hinten	„	270
Mittelwert des CO_2-Gehalts zwischen den rechten Vorwärmern, vorn und hinten	vH	13,9
CO_2-Gehalt vor dem Saugzugventilator	„	11,8
CO-Gehalt	„	1
Gebläsedruck im vorderen Rostträger	mm W.-S.	42
Zug im Feuerraum	„	± 0
Zug vor dem Saugzuglüfter	„	27
Energiebedarf des Antriebmotors der Umlaufrohre	kW	3,3

[1] Der Druckverlust zwischen Dampfsammler und Überhitzeraustritt rührt von einer dort eingebauten Düse her.

Zahlentafel 2. Wärmeverteilung.

Zugeführte Wärmemengen.		
1) Im Vorwärmer:		
Gasberührte Heizfläche	m²	191
Gespeiste Wassermenge, erwärmt um 296 °C	kg/h	3 916
Wärmeaufnahme des Wassers	kcal/kg	312
„ „ „ insgesamt	kcal/h	1 220 000
Erzeugte Dampfmenge	kg/h	320
Druck des Dampfes (im Dampfsammler)	at	100,4
Verdampfwärme (nach Knoblauch, extrapoliert)	kcal/kg	340
Wärmeaufnahme des Dampfes	kcal/h	109 000
„ im Vorwärmer	„	1 329 000
2) In den Rotoren:		
Gasberührte Heizfläche	m²	13
Erzeugte Dampfmenge auf 1 m² Heizfläche	kg/h	277
Druck des Dampfes	at	100,4
Zugeführte Wärmemenge (Verdampfwärme)	kcal/kg	340
Zugeführte Wärmemenge auf 1 m² Heizfläche	kcal/h	94 200
Gesamtwärmeaufnahme in den Umlaufrohren	„	1 224 000
3) Im Überhitzer:		
Gasberührte Überhitzerfläche	m²	8,45
Überhitzte Dampfmenge	kg/h	3 916
Anfangszustand: (gesättigt) Druck	at	100,4
„ Wärmeinhalt	kcal/kg	666
Endzustand: Druck	at	91,6
Temperatur	°C	391
Wärmeinhalt	kcal/kg	745
Wärmeaufnahme des Dampfes	„	79
„ im Überhitzer	kcal/h	310 000
„ auf 1 m² Überhitzerfläche	„	36 700
4) Wärmeaufnahme im Dampferzeuger insgesamt	„	2 863 000

sprechend etwa 12 vH der Gesamtdampfleistung, ohne daß Störungen auftreten. Ferner kann die Abgaswärme noch zum Vorwärmen der Verbrennungsluft ausgenutzt werden.

Bei Kesseldrücken von 100 at fallen die Vorteile der mehrstufigen Speisewasservorwärmung mit Anzapfdampf derart ins Gewicht, daß man ohnedies für die Rauchgaswärme teilweise eine andre Verwertung als im Speisewasser suchen muß. Sie ist in der oben angedeuteten Weise technisch durchführbar und kann auch in einem zugeschalteten Abhitzekessel durch Niederdruckdampferzeugung erfolgen. Damit dürfte es wohl gelingen, die Brennstoffausnutzung des Atmosdampferzeugers auf das heute bei üblichen Kesselanlagen mit Speisewasservorwärmern erreichte Maß zu steigern.

Die Leistung des Atmosdampferzeugers wird durch die von den umlaufenden Rohren erzeugte Dampfmenge bestimmt. Je höher der Dampfdruck, desto kleiner ist der Anteil der Verdampfwärme an der Gesamtwärme, es steigt also mit dem Druck die Dampfleistung des Atmoskessels. Dieser ist daher ein ausgesprochener Höchstdruckdampferzeuger.

Die Dampfleistung der Umlaufrohre findet, da die Wasserzufuhr zwangläufig und die Wärmeableitung im Innern infolge des raschen Abströmens der erzeugten Dampfbläschen von der Rohrwand günstig ist, ihre Grenze in der äußeren Wärmeaufnahme der Rohre durch Strahlung und Konvektion. Die gesamte Wärmeaufnahme der Umlaufrohre bei dem Versuch ist durch ihre Dampfleistung bekannt, siehe Zahlentafel 2; sie beträgt auf $1\,m^2$ Fläche der Umlaufrohre 94 200 kcal/h und schwankt nicht unerheblich je nach dem Wärmeinhalt, den man dem Dampf nach der Dampftafel zugrunde legt.

Wissenswert scheint die Frage, ob und inwieweit die Drehung der Rohre ihre Wärmeaufnahme verstärkt. Auf Grund der Versuche von Dr.-Ing. Thoma [1]) wird man annehmen dürfen, daß die von ihm bei den vorderen Wasserrohren üblicher Kessel festgestellte und in der kinetischen Gastheorie zu begründende Gasgrenzschicht, die sich als Schleier um diese Rohre legt und die Wärmeleitung besonders bei den vordersten Rohren behindert, durch die Drehung zerstört wird, wodurch sich der Wärmedurchgang verbessert. Ich habe deshalb versucht, bei der untersuchten Atmosanlage die auf die Umlaufrohre übertragene Wärme nach Strahlung und Konvektion zu trennen. Nach dem von Weber [2]) angegebenen Verfahren ergibt sich, daß von der im Dampf aufgenommenen Wärme 65 vH eingestrahlt sind, so daß 35 vH für die Übertragung durch Konvektion verbleiben. Diese Zahlen kennzeichnen nur die Größenordnung, weil ihnen einige Annahmen zugrunde liegen, die der Wirklichkeit nicht genau entsprechen.

Der durch Konvektion auf die Umlaufrohre übertragenen Wärme entspricht eine Wärmedurchgangzahl von 36 $kcal/m^2h\,°C$, die als hoch anzusprechen ist. Man wird daher annehmen dürfen, daß die Drehung der Rohre den Wärmeübergang durch Konvektion verbessert; auf die gesamte Wärmeübertragung bezogen, fällt dieser Umstand jedoch nicht so sehr ins Gewicht, da der Hauptteil der Wärme durch Strahlung übertragen wird. Neuerdings verwendet man beim Atmos-Dampferzeuger Rohre mit Rippen, was deren spezifische Dampfleistung voraussichtlich erhöhen wird. Außerdem kann dies durch Steigerung der Verbrennungstemperatur, also beispielsweise durch Einbau einer Kohlenstaubfeuerung, erreicht werden.

Die Frage der Wärmeübertragung auf die Umlaufrohre kann man meiner Ansicht nach endgültig und eingehend nur durch Messungen an einer entsprechend gebauten Versuchseinrichtung klarstellen.

Verbesserungen des Atmoskessels in der Wärmeausnutzung des Brennstoffs sind notwendig, sie können ohne weiteres technisch erreicht werden. Die zehnjährigen Studien und die Betrieberfahrungen mit der neuen Bauart sowie der Versuch haben aber gezeigt, daß damit ein praktisch brauchbarer Höchstdruckdampferzeuger geschaffen worden ist, der die überlieferten Formen des Kesselbaues verläßt, indem er nur Rohre zum Aufbau verwendet und den Ansprüchen an Sicherheit und leichte Herstellbarkeit unter Anwendung der üblichen Baustoffe gerecht wird. Der Dampfkesselbau kann aus der Atmosbauart meines Erachtens wertvolle Anregungen entnehmen. [B 1018]

[1]) „Hochleistungskessel"; Berlin 1922, Julius Springer.

[2]) Kammerer, Versuche an einem Stierle-Kessel, Zeitschrift des Bayr. Rev.-Vereins Bd. 20 (1916) S. 158.

Der Eisenbedarf der Welt und Deutschlands.

Die Weltgewinnung an Eisen ist vom Verein Deutscher Eisen- und Stahlindustrieller in einer Statistik für die Jahre 1870 bis 1923 zusammengestellt worden, Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Die Weltgewinnung in Mill. t.

	1870	1880	1890	1900	1910	1913	1920	1921	1922	1923
Roheisen . .	12,0	18,5	27,6	40,2	66,3	82,5	62,2	37,5	55,4	68,4
Flußstahl*) . .	0,68	4,27	12,45	28,34	60,20	78,30	71,58	44,55	66,13	74,69

*) Unter „Flußstahl" wird jetzt (wie beim englischen „steel") das verstanden, was in den früheren Statistiken (vergl. Z. Bd. 53 (1909) S. 1085) mit „Flußeisen" bezeichnet worden ist, d. h. alles schmiedbare Eisen, das in der Birne aus flüssigem Roheisen und im Martinofen aus Roheisen und Schrott hergestellt worden ist.

Aus den Zahlenangaben geht hervor, daß sich bis zum Kriege für die Roheisengewinnung von Jahrzehnt zu Jahrzehnt ungefähr eine Zunahme von 50 vH ergibt. Der Krieg und vor allem der Versailler Vertrag brachten tiefgreifende Störung, Rückgang und Unsicherheit; die Welt hat sich bisher hiervon noch nicht erholt. Die Weltgewinnung an Flußstahl hat sich seit 1870 bis zum Jahre 1913 mehr als verhundertfacht; infolge des Krieges ist der Flußstahl noch mehr zur Geltung gekommen als das Roheisen. 1917 erreichte die Flußstahlgewinnung mit 81 Mill. t den bisherigen Höchststand. Nach dem Kriege trat auch hier ein Rückschlag ein. Ob 1924 für Roheisen und Flußstahl die Zahlen von 1923 erreicht werden, erscheint nach den bisher vorliegenden Ziffern zweifelhaft.

Die Verdrängung des Roheisens durch den Stahl ist begleitet von einer weittragenden Verschiebung innerhalb der bedeutendsten Eisenländer. An der Roheisengewinnung und Stahlgewinnung waren vorwiegend die Länder England, Amerika, Deutsches Reich und Frankreich beteiligt, Zahlentafel 2 und 3. Am auffallendsten in der Entwicklung des letzten halben Jahrhunderts ist die Überflügelung Englands durch die Vereinigten Staaten. In dieser Zeit hatte Deutschland seinen Anteil ungefähr verdoppelt. Der Weltkrieg endete mit einer Vergrößerung der französischen und der amerikanischen Gewinnung, mit einer Schwächung der deutschen und der englischen Industrie. Der Nutznießer des englischen Streiks 1921 war Deutschland; anderseits waren die größten Nutznießer des Ruhrkampfes England und Amerika.

Zahlentafel 2. Roheisengewinnung.

	1870	1880	1890	1900	1910	1913	1920	1921	1922	1923
	in Mill. t									
England . . .	6,06	7.80	8,03	9,05	10,17	10,65	8,16	2,65	4,98	7,59
Amerika . . .	1,69	3,89	9,35	14,09	27,74	31,46	37,52	16,83	27,27	40,97
Deutsches Reich . . .	1,39	2,73	4,66	8,35	14,79	19,31	6,40	7,85	9,39	4,72
Frankreich .	1,18	1,72	1,96	2,71	4,04	5,21	3,43	3,35	5,18	5,31

Zahlentafel 3. Flußstahlgewinnung.

	1870	1880	1890	1900	1910	1913	1920	1921	1922	1923
	in Mill. t									
England . . .	0,28	1.32	3,63	5,13	6,48	7,79	9,20	3,67	5,93	8,60
Amerika . . .	0,07	1,27	4,34	10,35	26,51	31,80	42,80	20,20	33,92	43,58
Deutsches Reich . . .	0,17	0,64	1,61	6,64	13,70	18,93	8,54	9,99	11,72	6,02
Frankreich .	·	0,39	0,58	1,56	3,39	4,69	3,05	3,04	4,47	4,99

Die Lockerung und Auflösung der alten Beziehungen, die die Erdteile in nähere Berührung miteinander gebracht hatten, eröffnen keine Aussicht auf baldige Wiederkehr gleichgerichteter Geschäftsentwicklung. Eine Weltverständigung in diesem oder jenem Erzeugnis kann heute leider noch nicht auf so gesicherte Verhältnisse rechnen, wie sie früher in den Erzeuger- und selbst auch in den meisten Verbraucherländern bestanden haben. Die Verarmung dieser Länder und der Zollschutz mancher Staaten er-

schweren eine planmäßige Entwicklung der Eisengewinnung, der Eisenverarbeitung und des Absatzes. Während Frankreich für seine Eisenindustrie auf den Auslandabsatz angewiesen ist, haben die Vereinigten Staaten, Deutschland und England den Vorteil starken Eisenbedarfs im eigenen Lande. Die Zukunft des Eisenweltbedarfs hängt ebenso stark von der politischen Entwicklung wie von den wirtschaftlichen Ereignissen ab.

Am stärksten hatte die deutsche Eisenindustrie unter der Politik der Nachkriegzeit zu leiden, und zwar durch Abtrennung der größten Eisenerzgebiete, durch die Zwangwirtschaft im Absatz, durch die Hemmung der Gewinnung durch die Kohlennot infolge der Reparationslieferungen, durch den Achtstundentag und durch die Inflation. Unsere deutsche eisenverarbeitende Industrie verlor dagegen nur wenige Werke; sie hatte infolge des Zuwachses während des Krieges sogar mehr Betriebe und Arbeiter als früher. Infolge des Versailler Vertrages haben wir mit der früheren Leistung der Eisenhütten verglichen, 37,6 vH der Flußstahl- und 45,5 vH der Roheisengewinnungs-Möglichkeit verloren. In den Jahren 1919 bis 1922 konnten aber die uns verbliebenen Eisenhütten nur so unvollständig ausgenutzt werden, daß der Gewinnausfall noch größer war.

In den vergangenen fünf Jahren war die freie Entwicklung bei der eisenerzeugenden Industrie stärker als bei der Eisenverarbeitung beschränkt. Die Inlandgewinnung hat daher nicht ausgereicht; dazu kam die Inflation mit ihrer spekulativen Wirkung. Die deutsche Eisenindustrie wäre jedoch 1924 in der Lage gewesen, den ganzen Inlandbedarf zu decken. Es war keine Frage der Gewinnung an sich, sondern eine Frage des Absatzes, der lebhaft von allen möglichen Eisenländern, insbesondere von Frankreich umstritten war. Denn von Sondersorten abgesehen, ist die deutsche Eisen- und Stahlindustrie in der Lage alles zu liefern bis auf geringe Mengen Halbzeug, deren zusätzlicher Einfuhrbedarf 1924 ungefähr 100 000 t ausmachte. Unsere Eisenindustrie könnte sich wohl im Laufe des Jahres 1925 darauf einrichten, diese Menge selbst zu liefern, wenn sie die Sicherheit regelmäßiger Abnahme hätte.

Nimmt man für die gesamte Eisen- und Stahlerzeugung die deutsche Stahlgewinnung als Grundlage, zählt man die oben erwähnten Einfuhrmengen an Großeisenerzeugnissen hinzu und rechnet man die Ausfuhrmengen dieser Art ab, so erhält man angenähert die Eisenversorgungszahlen für das Deutsche Reich: 1913 rd. 13,8 Mill. t, 1920 7,7 Mill. t, 1921 8,9 Mill. t, 1922 11,7 Mill. t, 1923 6,9 Mill. t, und 1924 mag der Eisenbedarf ungefähr 9 Mill. t gewesen sein. Eine Kräftigung der deutschen Volkswirtschaft wird den Bedarf in den nächsten Jahren leicht heben können.

Betrachtet man die Eisenverbraucher, so stellt man fest, daß der große Bedarf für die Heeres- und Marineverwaltung fortgefallen ist. Der Eisenverbrauch der deutschen Eisenbahnen im ganzen Reichsgebiet betrug für den Oberbau 1913 über 1 Mill. t Eisen, 1920 ¼ hiervon. Rechnet man die verlorenen Bahnstrecken in Elsaß-Lothringen, Posen und Westpreußen ab, so wird ein geordneter Betrieb der Reichsbahnen bald wieder 900 000 t jährlich erfordern. Der Eisenbedarf für Fahrzeuge, für mechanische und maschinelle Anlagen der deutschen Eisenbahnen ist vor dem Kriege hinter dem Oberbaubedarf zurückgeblieben, dürfte in den Nachkriegsjahren im Durchschnitt ebenfalls 1 Mill. t erreicht haben. Hierin ist jedoch ein Wandel eingetreten, da geringere Bestellungen gemacht worden sind. Allmählich aber wird die Deutsche Reichsbahn wieder auf einen Gesamteisenverbrauch von jährlich 1½ Mill. t kommen. Die Werftbetriebe für Handel- und Kriegschiffbau haben selbst in den lebhaftesten Jahren der Vorkriegzeit kaum 1 Mill. t jährlich verbraucht, in den nächsten Jahren wird man mit einem Verbrauch von ungefähr 500 000 t Schiffbaumaterial rechnen dürfen. Die Vorkriegausfuhr der Maschinen-, elektrotechnischen und Fahrzeugindustrie, der Apparate- und Brückenbau-Anstalten sowie der Eisen- und Stahlwarenindustrie betrug 1913 1,6 Mill. t. Dieselben Zweige der Industrie dürften 1924 etwas über 900 000 t ausgeführt haben. Nimmt man an, daß die Ausfuhrmengen bis zu 50 vH gesteigert werden können und zählt man den Bedarf für Eisenbahn und Schiffbau hinzu, so kommt man auf jährlich etwa 3 Mill. t. Diesem Bedarf steht zurzeit eine Leistung der deutschen Hochöfen und Stahlwerke gegenüber, die, aufs Jahr berechnet, 11 bis 12 Mill. t Eisen und Stahl erreichen dürfte.

Auf eine Belebung des Inlandmarktes und eine erhebliche Steigerung der Kaufkraft der deutschen Verbraucher, nicht zuletzt der Landwirtschaft, ist man angewiesen. Dann dürften aber auch noch für die Ausfuhr von Großhandelserzeugnissen 1 bis 1½ Mill. t zur Verfügung stehen. Die Ausfuhr von Großeisen- und Stahlerzeugnissen müßte man auf die dreifache Menge des Jahres 1924 erhöhen, um die ganze Eisen- und Stahlgewinnung absetzen zu können und nichts neu auf Lager nehmen zu müssen. („Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 11.) [N 48] Gw.

Neues Verfahren zur Entwicklung der Hartmannschen Linien (Kraftwirkungslinien).

Die inneren Störungen, die als Folge von Kraftwirkungen im Eisen vorhanden sein können, hinterlassen sichtbare Spuren auf der blankgeschliffenen Oberfläche. Diese Fließfiguren haben den Namen Hartmannsche Linien erhalten. Einen eingehenden Bericht über die Fließerscheinungen und über die Fließlinien gibt Martens [1]; sie treten bei Kaltverformung auf der blankgeschliffenen Oberfläche weicher Stahlsorten als Reliefstreifen auf. Fischer [2]) fand diese Linien bei der Herstellung von Elektrolyteisen auf den als Anode benutzten Eisenblechstreifen in der Umgebung der Schnittflächen. Fry [3]) entwickelte ein Ätzverfahren, das die Kraftwirkungsfiguren nicht nur an der Oberfläche, sondern auch in Schnitten durch das betreffende Stück sichtbar machte.

Paul Oberhoffer und Mia Toussaint [4]) wurden durch die Beobachtung von Fischer und durch die Tatsache, daß der Rost das Eisen zuerst längs der Kraftwirkungslinien angreift, veranlaßt, die Fließfiguren auf elektrolytischem Wege sichtbar zu machen. Das kalt verformte Stück Eisen wurde nach dem Vorgang von Fry ½ h auf 200 °C angelassen, dann durch Schleifen bis auf mittlere Körnung für die Elektrolyse vorbereitet. Der Schliff und eine Gegenelektrode wurden in den Elektrolyt eingetaucht. Die beiden Elektroden wurden entweder kurz geschlossen, oder es wurde noch eine Stromquelle mit Amperemeter und Regelwiderstand zwischen die Elektroden geschaltet, aber so, daß der Strom in der Flüssigkeit von der Probe zu der andern Elektrode ging. Der Schliff war Anode. Als Zusatzstromquelle dienten Akkumulatoren.

Änderungen in der Elektrolytlösung, des Kathodenmaterials, der Badtemperatur und der Stromstärke wurden vorgenommen und untersucht. Es wurde im allgemeinen mit einem mit Salzsäure angesäuerten Elektrolyten gearbeitet; es kamen auf 3 l Lösung etwa 10 cm³ konzentrierte Salzsäure. Neutrale Lösungen unter fast gleichen Bedingungen ergeben erst in der zehnfachen Zeit dieselbe Wirkung. Als geeignetste Salze erweisen sich die Chloride; besonders günstig war das Eisenchlorid in der Verdichtung 1 : 10 bis 1 : 3. Untersucht wurden Salze von Metallen, die in der Spannungsreihe oberhalb (z. B. Kupferchlorid und Quecksilberchlorid) und unterhalb (z. B. Chlornatrium und Chlorammonium) des Eisens liegen. Die Ergebnisse waren schlecht. Durch Verändern der Verdichtung des Elektrolyten wurde ermittelt, daß mit steigender Verdichtung, beim gleichen Ergebnis, die Dauer der Elektrolyse verringert wird. Die Versuche mit gemischten Salzlösungen ergaben keine Verbesserung der Ätzungen. Es wurde festgestellt, daß die Menge der Elektrolyten der Ätzdauer umgekehrt proportional sein muß. Nahm man nur ⅙ des Elektrolyten, so dauerte der Versuch etwa fünfmal so lang.

Die Kathode war ein Stück Eisenblech; Kupfer- und Nickelbleche ergaben keine nennenswerten Unterschiede. Es ist ein Material mit höherem oder gleichem Potential wie Eisen zu verwenden, damit, da der Schliff in der Flüssigkeit immer Anode sein muß, kein entgegengesetzter Strom durch einen Zusatzstrom ausgeglichen werden muß. Die Ätzung bei Zimmertemperatur war in allen Fällen am besten. Bei höheren Badtemperaturen — es wurden solche bis 70 °C untersucht — war der allgemeine Angriff des Schliffes so stark, daß die Klarheit der Fließfiguren litt.

Die Stromstärke ist sehr gering, wenn man den Schliff z. B. mit einer Nickelelektrode kurz schloß. Benutzt man nur den Strom dieses Ni-Fe-Elementes, so dauert die Ätzung lange. Schaltet man einen 4 V-Akkumulator dazwischen und regelt so, daß auf 1 dm² 0,2 bis 0,3 A wirken, so wird die Ätzdauer erheblich abgekürzt.

Die auf dem Schliff nach der elektrolytischen Ätzung gebildete Schicht wird mit einem Lappen abgerieben und der Schliff mit Wasser abgespült. Erscheint der Schliff dunkel, so ist er kurze Zeit in Petroleum oder Natronlauge zu legen und dann abzureiben. Zum Photographieren ist die Ätzung nicht abstechend genug. Man reibt daher den Schliff mit ganz feinem Schmirgelpapier; dadurch werden die Vertiefungen mit Schmirgel gefüllt und der Schliff zeigt ein kontrastreiches Bild. Das elektrolytische Ätzverfahren hat folgende Vorzüge: Einfache Handhabung, Sauberkeit, wenig zeitraubend und geringe Kosten. Es liefert dem Fryschen Verfahren gleichwertige Ätzungen. [N 979] Gw.

[1]) Martens: Materialienkunde für den Maschinenbau Bd. 1 (Berlin 1898, Julius Springer) S. 67, Bd. 2 (Berlin 1912, Julius Springer) S. 224.

[2]) Werkstoffausschuß-Bericht Nr. 20 des Vereines deutscher Eisenhüttenleute S. 20.

[3]) St. u. E. Bd. 41 (1921) S. 1093 und Wazau. Z. Bd. 68 (1924) S. 1185.

[4]) St. u. E. Bd. 44 (1924) S. 1330.

Die Elektrotechnik im Eisenhüttenwerk[1].

Von Regierungsbaumeister a. D. W. Geyer, Direktor der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin.

Einfluß der Elektrotechnik auf die Entwicklung der Eisen- und Stahlwerke: Elektrische Krane und Transportmittel — Verbesserung der Wärmewirtschaft infolge Ausnutzung der Hochofenabgase in Gasdynamos und Zusammenfassung der Krafterzeugung — Luftwirtschaft bei dezentralisierter Drucklufterzeugung in elektrischen Gebläsen an der Verbrauchstelle — Elektrischer Betrieb der Walzwerke — Elektrometallurgische Erzeugung von Edelstahl.

Einleitung.

Die Elektrotechnik fand erst spät in der Eisenindustrie Aufnahme, und zwar lange nachdem die elektrische Kraftübertragung in den übrigen Industrien eingeführt war. Im Herbst 1891 war bereits die Fernübertragung elektrischer Energie von Lauffen nach Frankfurt über eine Entfernung von 170 km mit 15 000, später 25 000 V Spannung in Betrieb. Frühzeitig hatte auch der Bergbau von den elektrischen Betriebsmitteln Gebrauch gemacht, die Frage der unterirdischen Wasserhaltung mit Einzelleistungen von 1000 PS war gelöst.

Der Argwohn, den die Eisenindustrie auf Grund erster Versuche mit normalen schnellaufenden Elektromotoren gefaßt hatte, konnte erst überwunden werden, nachdem die Elektroingenieure die schweren Betriebsbedingungen auf Eisenwerken studiert hatten, und als es gelungen war, vollständig gekapselte Elektromotoren und Schaltgeräte herzustellen, die den rauhen Beanspruchungen des Hüttenbetriebes einigermaßen gewachsen waren. Aber auch dann ging man mit der Einführung der Elektrotechnik in die Eisenhüttenindustrie noch zögernd vor, bis ein äußerer Umstand eintrat, der mit aller Energie nach dem Elektromotor begehrte.

Der Eisen- und Stahlwerkbetrieb ist, wie kaum ein andrer, angewiesen auf die Beförderung der gewaltigen zu verarbeitenden Massen. Solange sich die Produktion in mäßigen Grenzen hielt, genügte im Innern des Stahlwerkes der hydraulische Kran, der eine hohe Vervollkommnung erreicht hatte. Außerhalb der Hallen versuchte man, mit Dampfkranen die Bewegung der Materialien zu bewältigen. Der Gießkran, der inmitten des Bereiches der Bessemerbirnen stand, nahm das flüssige Eisen auf, vergoß es in Kokillen oder gab es an andre auf dem Hüttenflur aufgestellte Krane weiter, die allerdings mit ihren Drehsäulen das Stahlwerk geradezu blockierten, so daß bei wachsender Erzeugung das Bedürfnis immer dringender wurde, die Grundfläche des Stahlwerkes frei zu bekommen.

Der Gedanke, die Bewegung der Massen durch Transportmittel von oben zu bewerkstelligen, war naheliegend; man versuchte, an Stelle der festen Drehkrane einen Dampfkran auf hoher Laufbahn vorzusehen. Diese Anordnung führte zu ungeheuerlichen Formen, auch war das Heraufund Herabschaffen von Betriebswasser, Kohle und Asche äußerst erschwert. Weitere Konstruktionen mit Vierkantwelle oder schnellaufendem Treibseil erwiesen sich als zu schwerfällig.

Der Antrieb eines Laufkranes durch einen einzigen durchlaufenden Elektromotor vermochte infolge der Umständlichkeit des Bedienens von Wendekupplungen und der Beschränkung der Arbeitsgeschwindigkeiten keinen flotten Betrieb zu ermöglichen. Erst als der aufgelöste elektrische Antrieb des Laufkranes gefunden war, bei dem jede der Hakenbewegungen durch einen besonderen mit dem Windwerk, dem Fahrwerk und der Katzenverschiebung unmittelbar verbundenen und ferngesteuerten Elektromotor bewerkstelligt wurde, war die Lösung der Frage der Bewältigung der Transporte von oben gelungen. Jetzt war es möglich, das Stahlwerk auf vollständig neuer Grundlage zu entwerfen, und zwar so, wie es der Arbeitsvorgang der Eisen- und Stahlerzeugung am zweckmäßigsten erscheinen ließ.

Beginnend mit der Verladung der mit dem Schiff oder mit der Eisenbahn ankommenden Erze und Kohlen durch schnellarbeitende Verladebrücken, heben jetzt elektrisch betriebene Hochofenaufzüge die Materialien auf die Höhe der Gicht der Hochöfen. Das Roheisen wird mittels elektrischer Lokomotiven zum Mischer befördert, durch Kippen des Mischers in die Bessemerbirnen vergossen, die Ingots mit elektrischen Zangenkranen ergriffen und in die Tieföfen, später vor das Walzwerk geschafft. Hier werden sämtliche Rollgänge, Schlepper, Kantvorrichtungen und Anstellvorrichtungen durch Motoren betrieben und von einer Bühne übersichtlich gesteuert und das Walzgut schließlich nach Durchlaufen der Adjustage durch Krane, die mit Lasthebemagneten ausgerüstet sind, auf die Stapel der Lager geschafft.

Das Bild, das sich mit der Einführung der Elektrizität für die Gesamtanlage eines Stahlwerkes und seines Betriebes ergab, war neu und in seinen Grundzügen vollkommen abweichend vom Hergebrachten. Es ist nicht auszudenken, wohin sich die Entwicklung der Stahlerzeugung gewendet hätte, wenn nicht der Elektromotor mit der Beweglichkeit seiner Aufstellung, der Leichtigkeit der Zuführung der elektrischen Energie und den ungezählten Möglichkeiten seiner Anwendung und Steuerung in die verwickelte Maschinerie eines Stahlwerkes als bestimmender Faktor eingegriffen hätte.

Hebe- und Transportmaschinen.

Die Motorgrößen wurden anfangs mehr nach dem Gefühl gewählt. Heute wird die Auswahl unter strenger Beurteilung der voneinander verschiedenen Betriebsverhältnisse nach bestimmten Gesichtspunkten getroffen, und zwar haben die deutschen Normen für die Motoren und für die Steuergeräte die relative Einschaltdauer, d. i. das Verhältnis:

$$\frac{\text{Einschaltzeit}}{\text{Einschaltzeit} + \text{Ruhepause}}$$

sowie die Einschalthäufigkeit in der Stunde zugrunde gelegt.

Ein Zusammenbaukran in einem Kraftwerk z. B. führt ein beschauliches Dasein und fordert eine wesentlich andre Beurteilung seiner elektrischen Einrichtungen als etwa ein Stripperkran. Während ersterer nur wenige Bewegungen in der Stunde auszuführen hat, ist ein Stripperkran schwerstem Schaltbetrieb unterworfen.

Zu besonderer Vorsicht zwingt die Häufigkeit der Schaltungen bei den Antrieben der Rollgangmaschinen, bei denen man mit 400 bis 600 Schaltungen in der Stunde vom Stillstand bis zur vollen Geschwindigkeit der Motoren zu rechnen hat. Anstellvorrichtungen ergaben noch höhere Aufzeichnungen.

Die relative Einschaltdauer der scharf beanspruchten Hüttenkranmotoren beträgt etwa 40 vH, bei Rollgangmaschinen an der Blockstraße steigt sie bis 60 vH und mehr. Von großer Bedeutung ist gerade für Arbeitsmaschinen mit hoher Einschaltdauer die Beschleunigungsarbeit, wobei die Masse der Läufer oder Anker und der Triebwerkteile hinsichtlich der Erwärmung eine bedeutsame Rolle spielt.

Für die Steuerung der Motoren genügen die gewöhnlichen Schaltwalzen mit Blattfederfingern schon lange nicht mehr. Man benutzt heute an deren Stelle Wälzkontakte in Form von Kupfersteuerschaltern oder Schützensteuerungen. Letztere gestatten wegen der leichten Handhabung der Führerschalter ein besonders häufiges Einschalten. Hierbei ist die Willkür, womit der Führer die Schnelligkeit des Einschaltens wählt, für die angetriebene Maschine und den Motor gefahrvoll. Die Entwicklung geht deshalb dahin, dem Führer die Entscheidung über das Zeitmaß des Einschaltens dadurch zu nehmen, daß die Handsteuerung zur selbsttätigen Steuerung ausgebildet wird. Jetzt darf der Führer zwar die Steuerkurbel mit einem Ruck einschalten, die Schützen werden aber durch sogenannte Stromwächter betätigt. Stromwächter sind eisenfreie Solenoide zum Schalten der Widerstandschützen, die auf ganz bestimmte Stromstärken abgestimmt sind und auch bei rücksichtslosestem Schalten das Ansteigen der Stromstärke auf unzulässig hohe Werte verhindern, anderseits aber den zulässigen Beschleunigungsstrom in voller Höhe zur Geltung bringen.

[1] Beitrag zur Weltkraftkonferenz London 1924.

Während in Amerika für Hebe- und Hilfsmaschinen der Gleichstrom allgemein bevorzugt wird, geht in England und in Deutschland die Auseinandersetzung über die Wahl der Stromart weiter. Beide: der Gleichstrom und der Drehstrom, haben bezüglich Betriebsicherheit den gleichen hohen Grad erreicht; die Anzahl der ausgeführten Krane und Rollgangmaschinen hält sich in beiden Stromarten die Wage.

Die Einführung der Wendepole hat auch auf dem Kontinent den Gleichstrommotor für Hebemaschinen in den Vordergrund gestellt. Die Motorgrößen fallen bei Gleichstrom für dieselbe zu bewältigende Förderung geringer aus, da der Drehstrommotor, wenn er die gleiche mittlere Geschwindigkeit erreichen soll, entsprechend der nach oben durch den Synchronismus begrenzten Geschwindigkeit von vornherein mit höherer Umlaufzahl und Leistung gewählt werden muß. Zu bedenken ist außerdem, daß bei Drehstrom schwere Lasten feinfühlig nur durch Gegenstrom gesenkt werden können und dies verwickeltere Schaltungen als bei Gleichstrom ergibt.

Im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung sei gesagt, daß die Wahl der Stromart durch den Grad der Betriebsicherheit und die Forderung einer ungestörten Produktion beherrscht wird.

Mit der Einführung der Wendepole hat der Gleichstrommotor für Hebemaschinen seine Anhängerzahl stark vermehrt. Anderseits ist bei Drehstrom der schwächste Punkt des Motors, nämlich die Erhaltung eines gleichmäßigen Luftspaltes, durch Anwendung von Rollenlagern beseitigt, so daß auch hier Störungen der Werkerzeugung im wesentlichen ausgeschaltet sind.

Bearbeitungsmaschinen.

Eine große Bedeutung für die Entwicklung der Eisen- und Stahlwerke hat die Elektrotechnik erlangt auf dem Gebiete des Antriebes aller Metallbearbeitungs- und Adjustagemaschinen. Durch Auswahl der richtigen elektrischen Elemente ist erreicht, daß schwerfällige Transmissionen, Wechsel- und Wendegetriebe durch unmittelbare elektrische Einstellung der in jedem Augenblick für die Bearbeitung des Werkstückes erforderlichen und zweckmäßigen Schnittgeschwindigkeit vermieden werden.

Der kompensierte Nebenschlußmotor hat bekanntermaßen eine hohe und zugleich verlustfreie Regelfähigkeit seiner Geschwindigkeit infolge der Änderung der Feldstärke. In den meisten Fällen reicht die Geschwindigkeitsregelung des Motors im Verhältnis 1 : 4 aus; weitere Einstellung erhält man durch das zur Arbeitsmaschine gehörende Vorgelege.

Bei Arbeitsmaschinen mit stark wechselnder Belastung, wie größeren Scheren, Stanzen, Lochpressen, Biegepressen, Knüppel-, Platinen- und Blockscheren, wird durch Anwendung derartiger Reguliermotoren[1]) in Verbindung mit einer selbsttätigen Steuerung erreicht, daß die bisher gebräuchlichen Schwungmassen, die für die Festigkeit des Maschinengestelles eine große Gefahr bedeuten, in Zukunft vollständig fortfallen können.

Auch hier steuern Stromwächter, die auf ganz bestimmte Stromstärken abgestimmt sind, je nach dem von der Arbeitsmaschine zu leistenden Drehmoment den Nebenschlußregler. Ist bei einem gewissen Schnittwiderstand das so eingestellte Drehmoment nicht ausreichend, so wächst die Stromstärke im Motoranker und bringt damit den folgenden Stromwächter zur Wirkung, der nunmehr das Feld und damit das Drehmoment des Motors weiter verstärkt unter gleichzeitiger Herabdrückung der Umlaufzahl. Bei Überschreitung der für den Motor zulässigen Stromstärke kommt dann ein letzter Stromwächter in Wirksamkeit, der Widerstand vor den Anker schaltet und diesen vor zu hoher Erwärmung bewahrt.

Diese selbsttätige Schaltweise löst ein für die Elektrotechnik neuartiges Problem: ein gewisser Zug oder Druck kann ohne Bewegung ausgeübt, jedoch nicht überschritten werden. Damit eröffnet sich für den Betrieb der Stahlwerkmaschinen ein neuer Ausblick: man erreicht mittels Elektrizität das, was bisher nur hydraulisch, dampfhydraulisch oder mit Druckluft ausführbar war!

[1]) s. Z. Bd. 68 (1924) S. 6 u. f.

Energieerzeugung.

Die führende Stellung der Elektrotechnik für die Entwicklung der Eisen- und Stahlwerke tritt ganz besonders hervor in der Erzeugung, Zusammenfassung und Verteilung der elektrischen Energie. In gemischten Werken, d. h. solchen, die sowohl Hochofen- wie Stahlwerkbetriebe besitzen, dient als Kraftmaschine hauptsächlich die Hochofengasmaschine[2]). Diese Maschine, der außer der Elektrizitätserzeugung auch die der gesamten Druckluft zufällt, hat sich bemerkenswerterweise ausschließlich für zentralisierte Betriebe bewährt. Alle Versuche, die Hochofengasmaschine als Einzelbetriebsmaschine zu verwenden, sind aufgegeben worden, da sich die Gasmaschine namentlich im Walzwerkbetrieb den unvermeidlichen Überlastungen sowie der Regelung und Einstellung der Walzgeschwindigkeit nicht gewachsen gezeigt hat.

Die hohe Stufe seiner Entwicklung verdankt der Hochofengasmotor unzweifelhaft erst seiner Verbindung mit der Dynamomaschine. Es war naheliegend, daß gerade Deutschland angesichts seiner wirtschaftlich schwierigen Verhältnisse als erstes Land den Hochofengasmotor für die Gesundung der Wärmewirtschaft seiner Eisen- und Stahlwerke aufgriff. Auch heute herrscht die Gasmaschine als Kraftwerkmaschine vor.

Die am häufigsten vorkommende Ausführung ist der einkurbelige 3000 PS-Motor; Vereinigungen zweier solcher Sätze zu einer 6000 PS-Maschine sind mehrfach ausgeführt. Als größte Einheiten sind für Gasmaschinen mit einer Kurbel solche von 6000 PS seit Jahren in einer größeren Reihe anstandlos in Betrieb. Die Zwillingsanordnung mit 12 000 PS ist in Ausführung begriffen.

Die Tatsache, daß die Hochofengasmaschine im Jahresmittel 4300 kcal/kWh verbraucht, die Dampfturbine dagegen 6500 kcal, läßt letztere Maschinengattung als Hauptbetriebsmaschine in gemischten Eisenwerken nicht aufkommen trotz mancher Vorteile, die der Dampfturbinenbetrieb technisch gewährt. Hinzu kommt, daß die früher im Auspuff der Gasmaschine als Verlust abziehende Wärme in Abhitzeverwertungsanlagen ausgenutzt wird[3]), wodurch der wärmewirtschaftliche Wirkungsgrad der Gasmaschine bei Führung der Abwärme unter Dampfkessel und Benutzung des erzeugten Dampfes in Turbodynamos um weitere 15 vH gesteigert wird.

Anderseits finden wir im Zusammenarbeiten mit Großgasmaschinen Dampfturbinen häufig als sogenannte Spitzenturbinen angewendet, die bei geeigneter Bemessung in der Lage sind, bei möglichst gleichmäßiger Belastung der Gasmaschinen die Energiespitzen des Betriebes aufzunehmen.

Für reine Stahlwerke und für Verfeinerungswerke dagegen kommen Dampfturbinen als Krafterzeuger in der Zentrale in Frage. Die Wirtschaftlichkeit derartiger Werke wird durch die zurzeit geplante Erhöhung der Dampfspannung auf höhere und höchste Drücke bedeutende Steigerungen erfahren.

Lebensfähig werden in Deutschland gewisse Stahlwerke durch Bezug der elektrischen Energie aus Überlandnetzen, die den Strom gegen Sondertarife zur Verfügung stellen. Als besonders nützlich ergibt sich das Verhältnis des Außenkraftwerkes zum Eisenwerk, wenn es möglich ist, überflüssige Energie der Stahlwerkzentrale an das öffentliche Stromnetz zurückzuliefern. Technisch steht dem nichts entgegen, nachdem es gelungen ist, Hochofengasdynamos einwandfrei parallel mit den Kraftstationen der Überlandwerke zu betreiben.

Dieser Gedanke hat die Auffassung zugunsten einer einheitlichen Stromart für die Krafterzeugung der Eisen- und Stahlwerke gefördert. Für deutsche Verhältnisse steht heute fest, daß die elektrische Zentrale eines Hüttenwerkes für hochgespannten Drehstrom von 5000 oder 6000 V auszurüsten ist, der auch in möglichst großem Umfange für die Elektromotoren des Eisenwerkes Anwendung finden soll, wobei jedoch für Motoren unter 150 kW, vom Standpunkt der Betriebsicherheit betrachtet, die Spannung zweckmäßig auf 380 V herabgesetzt wird. Die aussetzenden Betriebe und die Maschinengattungen mit starker Regelung der Geschwindigkeit erhalten Gleichstrom, der über Umformer oder Gleichrichter erzeugt wird.

[2]) s. a. Z. Bd. 68 (1924) S. 1336. [3]) s. a. Z. Bd. 68 (1924) S. 1137.

Luftwirtschaft.

Die Elektrizität ist berufen, auf dem Gebiete der Luftwirtschaft der Eisenwerke eine entscheidende Rolle zu spielen. Wir wissen, daß ein Hochofen für eine tägliche Roheisenerzeugung von 300 t etwa 1100 t festen Stoff, nämlich Erz, Koks und Zusätze aufnimmt. Das Luftgewicht, das hierbei für den Hochofenprozeß gebraucht wird, beträgt 1500 t. Die Bedingung, mit jedem Gebläse auf jeden Hochofen einzeln arbeiten zu können, erfordert umfangreiche Sammelleitungen und Umschaltorgane. Wird von der Luftzentrale auch das mehr oder weniger entfernte Stahlwerk gespeist, so ist es klar, welche Aufwendungen an Rohrleitungen für die vereinigte Luftwirtschaft gebraucht werden. Die Verluste an Wärmeausstrahlung, Undichtigkeiten und Reibung sind gewaltig.

Die Frage der Auflösung der Drucklufterzeugung ist daher für die Eisenwerke brennend und der Gedanke liegt nahe, durch unmittelbar an der Verbrauchsstelle aufgestellte elektrisch betriebene Gebläse die Druckluft dezentralisiert zu erzeugen und zu verbrauchen. Der niedrige Anschaffungspreis, die geringen Abmessungen der elektrischen Gebläse, die entsprechend geringen Gebäudekosten sowie das Entfallen der kostspieligen Rohrleitungen ergeben große Ersparnisse bei der Anlage.

Die vorhandenen zahlreichen Ausführungen elektrischer Gebläse, besonders für Hochofenbetrieb, lassen die Frage technisch als gelöst erscheinen. Für die hier vorkommenden Drücke von 0,4 bis 1,2 at Überdruck ergeben Turbogebläse so gute Wirkungsgrade, daß sie wirtschaftlich den Kolbengebläsen nicht nachstehen.

Die Stahlwerkgebläse erfordern bis 2,5 at Überdruck; die Regelungsfrage steht hier im Vordergrund. Für elektrisch betriebene Kolbengebläse, die mit Drehstrom arbeiten, bietet die mechanische Regelung eine vorzügliche Lösung. Mit Gleichstrom betriebene Kolbengebläse gestatten verlustfreie Nebenschlußregelung des Motors. Bei Turbogebläsen, für die lediglich Drehstrom in Frage kommt, bietet die einfache Widerstandregelung bereits wirtschaftlichen Ausgleich. Die Tatsache, daß die zum Antrieb erforderliche Energie in kubischem Verhältnis zu der entfallenden Luftleistung steht, ergibt z. B. für das elektrische Turbogebläse bei Regelung mit 50 vH nach unten nur ⅛ der Vollastleistung; die Verluste sind also auch nur auf ⅛ der Vollastleistung zu beziehen. Soll die Regelung elektrisch verlustlos erfolgen, so bieten Kaskadenschaltungen eine praktische Lösung.

Walzwerkbetrieb.

Eine vollständige Umwälzung verursachte die Elektrotechnik in der Anordnung und den Betriebsverhältnissen der Walzwerke. Die einzelnen Walzenstraßen konnten, nachdem die Rücksichtnahme auf die bisher erforderlichen Kesselbatterien fortfiel, so angeordnet werden, wie der Arbeitsgang, die durchgehenden Transporte und die Lage der verschiedenen Straßen zueinander sowie zu den Öfen und Wärmebetten es am zweckmäßigsten erscheinen ließen.

Die Erfolge der ersten elektrischen Walzenstraßenantriebe führten zu einem langwierigen Kampf der Dampfmaschine gegen den Elektromotor, mit dem Ergebnis, daß die Dampfmaschine eine hohe Veredlung erfuhr. Aber alle Verbesserungen des Aufbaues, der Regelfähigkeit und der Wirtschaftlichkeit der Dampfmaschine trafen den Kern der Sache nicht.

Der Unterschied zwischen Dampfantrieb und elektrischem Betrieb bei Walzenstraßen beruht in erster Linie auf der Tatsache, daß die dauernden Verluste an Dampfenergie durch Abkühlung in den verzweigten und für die Höchstleistung bemessenen Rohrleitungen zwischen der Kesselanlage und den verstreut aufgestellten Dampfmaschinen die jährlichen Aufwendungen gewaltig steigern. Messungen der Rohrleitungsverluste bei einem größeren Stahlwerk mit neuzeitlichen Dampfmaschinen und guter Rohranlage ergaben, daß bei Feierschichten (an Sonntagen) ³/₅ der Dampfmenge nutzlos in den Rohrleitungen und den von den Walzenstraßen abgekuppelten leerlaufenden Dampfmaschinen verlorengingen, die sonst bei voller Arbeit der Walzwerke gebraucht werden. Im Vergleich hierzu sind bei elektrischer Übertragung mit hochgespanntem Drehstrom 0,25 vH (höchstens 1 vH) Energieverluste auf Entfernungen von beispielsweise 1000 m und mehr für die Zuleitung der Energie in Rechnung zu stellen. Hierbei ist ausschlaggebend, daß die Dampfwalzenzugmaschine bei Leerlauf der Straßen etwa 20 vH des Dampfverbrauches bei Vollast braucht, während der Elektromotor bei Leerlauf nur etwa 3 vH seiner Vollastenergie dem Leitungsnetz entnimmt.

Neben diesen allgemeinen wirtschaftlichen Vorzügen erbringt der elektrische Antrieb der Walzenstraßen fabrikationstechnisch für den Walzbetrieb dadurch Vorteile, daß es möglich ist, jeden zu walzenden Querschnitt mit der praktisch besten Geschwindigkeit zu verarbeiten. Elektrische Messungen haben einwandfrei den Kraftbedarf für jedes zu verwalzende Profil ergeben, woraus sich vollständig neue Gesichtspunkte für die Kalibrierung der Walzen eröffneten. Bei den mehr oder weniger dürftigen Produktionsverhältnissen in Deutschland sind die Stahlwerke gezwungen, eine Walzenstraße möglichst allgemein für größere und kleinere Querschnitte auszunutzen. In derartigen Fällen, die sich dauernd wiederholen, lautet die Aufgabe, den Elektromotor für die verschiedenen Querschnitte auf bestimmte Umlaufzahlen einstellen zu können.

Diese Frage hatte das Studium und die Entwicklung der wirtschaftlich regelfähigen Elektromotorenantriebe im Gefolge, wofür die Praxis bestimmte Richtlinien herausgebildet hat. Es soll nicht auf die verschiedenen Vorzüge jener Systeme eingegangen werden. Walztechnisch ist jedenfalls erreicht, daß der elektrische Antrieb die volle Lösung für die allgemeine Ausnutzung der Walzenstraßen für verschiedene Querschnitte ergibt. Zum Ausgleich der sehr verschiedenen Energieaufnahme dienen Schwungräder, die mittels besonderer Schlupfeinrichtungen zur Energieabgabe, d. h. zur Unterstützung des Elektromotors herangezogen werden.

Neuerdings, und zwar bei schweren Triostraßen (Schienenstraßen, Trägerstraßen), gewinnt der schwungradlose Betrieb mehr an Bedeutung. Man verlegt den Ausgleich hierbei in einen Schwungradumformer, der nunmehr so vollkommen wie erwünscht die Kraftwerkbelastung abgleichen kann. Der mit der Walze unmittelbar gekuppelte Elektromotor ist in diesem Falle für die höchsten Belastungsstöße zu konstruieren; er steht mit dem Schwungradumformer durch Leonardschaltung in Verbindung. Dem Führer ist es überlassen, nach jedem Stich den Motor langsam durchlaufen zu lassen oder zwecks stoßfreier Aufnahme des neuen Blocks den Motor aus der Ruhelage von neuem zu beschleunigen. Ein derartiger Umformer kann für mehrere Straßen gemeinsam benutzt werden und erhält soviel Anlaßdynamos, wie schwungradlose Straßen mit ihm verbunden werden.

Diese schweren Triostraßen nähern sich somit in ihrer Betriebsweise den elektrischen Umkehrstraßen, die sich von ihnen nur dadurch unterscheiden, daß nach jedem Stich grundsätzlich angehalten und die Drehrichtung umgekehrt wird. Welchen Umfang in Deutschland und teilweise auch in England der elektrische Antrieb der Umkehrstraße angenommen hat, ist bekannt. Man darf aussprechen, daß für neue Anlagen, namentlich für große Umkehrstraßen von mehreren 100 t Drehmoment, Dampfmaschinen kaum mehr ernstlich in Rücksicht gezogen werden. Es unterliegt zwar keinem Zweifel, daß eine Leistung entsprechend etwa 25 000 PS auch durch eine Dampfmaschine zu bewältigen ist; weniger übersichtlich dürfte sich jedoch der Betrieb dieser so ungeheuren Dampfumkehrmaschine gestalten. Demgegenüber bedeutet der elektrische Betrieb der Umkehrstraßen die Lösung der wichtigen Frage, mittels Hochofengasmaschinen auch diesen schwierigsten Betrieb unter idealem Energieausgleich bewältigen zu können. Die elektrische Ausrüstung des Antriebes stellt unter diesem Gesichtspunkt nichts andres als das Triebwerk dar, das die Arbeit der Gasmaschinen auf die eigenartigen Antriebverhältnisse des Umkehrwalzwerkes überträgt.

Wirtschaftlich betrachtet, stellt der elektrische Antrieb dieses größten aller Kraftverbraucher eine bedeutende Ersparnis für den Stahlwerkbetrieb dadurch dar, daß der elektrische Betrieb bei Vorhandensein eines Gaskraftwerkes mit der halben Wärmeenergie des Dampfantriebes auskommt, dessen Kessel mit den Abfallgasen der Hochöfen betrieben werden.

Elektrostahlerzeugung.

Auf metallurgischem Gebiet hat die Elektrotechnik für die Stahlerzeugung eine neue Grundlage geschaffen. Im Elektroofen wirkt der elektrische Strom lediglich als Heizquelle. Der Vorteil des elektrischen Schmelzverfahrens beruht darin, daß man die Regelung der Wärmezufuhr vollständig in der Hand hat und dadurch das Bad zu den beabsichtigten Reaktionen zwingt. Ein weiterer Vorteil liegt in der Reinheit der Elektrizität als Heizquelle, wodurch jede ungünstige Einwirkung der Feuerungsgase auf das Metallbad, wie sie im Siemens-Martin-Ofen auftritt, vermieden wird. Auf diese Weise ist der Elektroofen befähigt, selbst bei Verwendung von unreinem und billigem Einsatzmaterial Stahlsorten praktisch frei von Schwefel und Phosphor zu liefern.

Nach dem Urteil der Stahlwerkingenieure kann der Elektroofen für die Herstellung von Stahl aus kaltem Einsatz mit dem Martinofen üblicher Größe von 10 bis 25 t nicht in Wettbewerb treten, es sei denn in Gebieten, wo elektrischer Strom durch billig auszubauende Wasserkräfte im Vergleich zur Kohle sehr preiswert zur Verfügung steht.

Dem Martinofen unter 5 t, der kaum mehr wirtschaftlich betrieben werden kann, ist der Elektroofen jedoch ebenbürtig, besonders wenn es sich um die Erzielung von Werkstoff erster Güte handelt, bei dem der Strompreis wegen des höheren Verkaufpreises des Stahles keine ausschlaggebende Rolle spielt.

Vortreffliche Leistungen ergibt der Elektroofen beim Raffinieren von Stahl aus vorgeschmolzenem Material. Er hat damit, zumal er dem Tiegelofen auch wirtschaftlich überlegen ist, erst die Schaffung neuzeitlicher Qualitätswerke ermöglicht. Da beim Raffinieren im wesentlichen nur geringe Energiezufuhr zur Deckung der Wärmeverluste des Ofens erforderlich ist, so ist es heute durchaus angängig, den Stahl aus Großerzeugern wie Bessemer- bzw. Thomasbirnen im Anschluß an den Kippofenprozeß im Elektroofen zu raffinieren, und so Stahl von hervorragender Handelsgüte zu gewinnen.

Zurzeit ist der Elektroofen Gegenstand allseitiger Studien und Versuche; die Erkenntnis hat sich jedenfalls durchgerungen, daß die Elektrotechnik auch auf diesem Gebiet ein führender Faktor in der Entwicklung der Stahlwerke werden wird. [B 803]

Der heutige Stand der Braunkohlenteer- und Torfteer-Industrie.

Eine zusammenfassende Übersicht über den heutigen Stand der Braunkohlenteer- und Torfteer-Industrie gab Dipl.-Ing. Dr. Grosse auf der Versammlung des Vereins von Gas- und Wasserfachmännern Schlesiens und der Lausitz[1]).

Bei den Braunkohlen unterscheidet man zwischen den gewöhnlichen Feuerkohlen und den bitumenhaltigen Schwelkohlen. Die Kohle wird in runden senkrechten Schamotteöfen mit kegligen Schwelringen verschwelt. In dem Raum zwischen Ofenwand und Ringen rutscht das oben stetig nachgeschüttete Schwelgut herab. Die Schwelgase werden in der angeschlossenen Kondensation zu Wasser und Teer verdichtet. Die entschwelte Braunkohle wird am untern Ende des Ofens abgezogen und kommt als sogenannter Grudekoks in den Handel. Die Öfen werden mittelbar durch Feuerzüge in der Ofenwand beheizt. Aus dem Braunkohlenteer werden durch Destillation und Raffination Öle und nach mehrmaligem Pressen und Destillieren Paraffin gewonnen.

Eine mittlere Schwelkohle liefert etwa 50 bis 60 vH Wasser, 5 bis 10 vH Teer, 25 bis 35 vH Grudekoks. Dieses Schwelverfahren ist nur auf das Vorkommen bituminöser Braunkohle beschränkt.

Seit dem Krieg ist ein anderes Verfahren praktisch im Betrieb, das Schwelgenerator-Verfahren, das auch die Verarbeitung der weniger fetthaltigen Feuerkohlen gestattet[2]). Der Schwelgenerator hat sich aus dem eigentlichen Gaserzeuger entwickelt. Die Kohlen gelangen zunächst in die Schwelzone, wo die Entschwelung bei einer Höchsttemperatur von etwa 450 bis 500 °C in ähnlicher Weise vor sich geht wie beim Schwelofen, nur daß die erforderliche Wärmemenge unmittelbar der unteren Brennzone des Gaserzeugers entnommen wird. Zum Schutze gegen eine sekundäre Zersetzung der Schwelgase und um den gleichmäßigen Nachschub des Brennstoffes wie die Innehaltung einer bestimmten Schwelzone zu sichern, hat man eine Schwelglocke eingebaut, durch die auch die Schwelgase abziehen, um sich in der angeschlossenen Kondensation niederzuschlagen.

Die entschwelte Kohle rutscht in den unteren Teil des Gaserzeugers, die Feuerzone, wo sie zu Gas verbrennt, das teils zur Erzeugung der nötigen Schweltemperatur in der Schwelzone dient, teils als Kraftgas verwendet wird. In neuester Zeit wird auch aus einem Teil der Kohle Grudekoks gewonnen. Bei sämtlichen Unternehmen, die die dargestellten Verfahren anwenden, ist die Gewinnung von Braunkohlenschwelteer bzw. Urteer der Hauptzweck. Sie verfügen gleichzeitig über die nötigen Destillier- und Raffinieranlagen, um den Teer in hochwertige Öle und Paraffine überzuführen.

Auch bei den eigentlichen Gaserzeugern der gasverbrauchenden Industrie, die mit Braunkohle beschickt werden, wird zum Teil Teer als Nebenerzeugnis gewonnen. Immer bleibt aber hier die Gaserzeugung der Hauptzweck. Der dabei gewonnene Teer ist wegen seines oft sehr hohen Wassergehaltes und weitgehender sekundärer Zersetzung minderwertig. Eine Paraffingewinnung ist hier nicht möglich, dagegen sehr gut eine Destillation auf Rohöl und Hartpech. Das Rohöl kommt lediglich nach den Siedegrenzen getrennt als mittleres und schweres Paraffinöl mit geringem Paraffingehalt in den Handel.

Eine Übersicht über die Braunkohlenteerindustrie läßt einen gewissen Abschluß erkennen, während eine Torfteerindustrie bis heute noch nicht besteht, wenn man nicht die bisher gemachten Versuche und die in Oldenburg befindliche Anlage so bezeichnen will.

Obwohl die Verschwelung von Torf insbesondere in Meilern seit langem geübt wird, hat die Teerindustrie nie großen Umfang gehabt und hat ihn noch nicht. Die von Dr. Wieland in Elisabethfehn in Oldenburg errichtete Torfkoksfabrik[3]) ist von den bestehenden Anlagen noch in Betrieb und liefert bei einer Verschwelung von Hochmoortorf etwa 300 t Torfkoks und 250 t Teer jährlich.

Es sind eine ganze Anzahl von Versuchen zum Verschwelen und anschließenden Vergasen von Hochmoortorf mit Gaserzeugern gemacht worden, insbesondere mit Mondgaserzeugern im Schweger Moor bei Osnabrück. Die Teerausbeute aus 1000 kg Trockentorf betrug 80 bis 90 kg. Obwohl dieser Teer eine erheblich günstigere Zusammensetzung zeigte als der Retortenteer, veranlaßte auch hier die Unwirtschaftlichkeit der Trockentorfgewinnung die baldige Betriebseinstellung.

Alle erwähnten Versuche wurden mit Hochmoortorf gemacht, während Versuche mit Niedermoortorf keine Erfolge zeitigten. In Rußland ist in neuester Zeit ein Verfahren, das Hydrotorfverfahren[4]), aufgekommen, das auf chemischem Weg eine Entwässerung des Torfes herbeiführen will. Eine entsprechende Anlage ist im Torfmoor Schwanenburg in Oldenburg errichtet worden.

Die wirtschaftliche Torfteergewinnung stellt trotz der bisher geringen Ergebnisse für die norddeutschen moorreichen Gebiete eine Aufgabe dar, deren befriedigende Lösung bei dem immer weiter schreitenden Übergang vom festen zum flüssigen Brennstoff nicht unwesentliche Vorteile bringen kann. [N 100] Gw.

[1]) Vergl. „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 67 (1924) S. 627.
[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 108.
[3]) Z. Bd. 68 (1924) S. 585.
[4]) Z. Bd. 68 (1924) S. 601.

Schleudergußverfahren für Röhren.

Neben dem Schleuderverfahren von de Lavaud[5]) und Cammen, die mit umlaufenden Formen aus Stahl arbeiten, wird das sogenannte Sanddrehverfahren für die Herstellung von Gußröhren benutzt. Eine drehbare Stahltrommel wird mit Sand ausgestampft, und in die Enden werden die Kerne für Muffe und Hals der Röhren eingesetzt. Die feuchte Sandoberfläche wird mit Zement eingestaubt; sie wird hierdurch genügend hart, um der schneidenden Wirkung des einfließenden Eisens zu widerstehen, bis dieses die Drehgeschwindigkeit der Form angenommen hat. Beim Herausziehen des Rohres aus der Trommel wird die Sandausfütterung zerstört, so daß die Form neu ausgestampft werden muß. Während des Erstarrens tritt an der Innenfläche des Rohres eine Oberflächenoxydation ein, und durch Schlacke und Schmutz wird sie uneben. Die Röhren werden daher innen zementiert.

Nur ein geringer Teil der Gesamterzeugung an Röhren wird nach den Schleudergußverfahren hergestellt. Die Verfahren werden gegenwärtig nur in Nordamerika und Kanada angewandt, während in Deutschland ein dem Lavaudschen ähnliches Verfahren ausprobiert wird. („Die Gießerei" Bd. 11 (1924) S. 754. Gw. [N 102]

[5]) Z. Bd. 67 (1923) S. 817 Bd. 69 (1925) S. 79.

Neuzeitliche Energiewirtschaft.

Von H. v. Glinski, Chemnitz.

(Schluß von S. 147.)

Die elektrischen Anlagen der Landesenergieversorgung.

Allgemeines.

Über die elektrischen Anlagen der Landesenergieversorgung sollen noch nähere Angaben gemacht werden. Leider enthält die amtliche Statistik keine Zahlen darüber, wieviel Kilowattstunden heute in Deutschland jährlich erzeugt werden und welchen Umfang die Netze der elektrischen Hochspannungsleitungen haben. In den Vereinigten Staaten von Amerika sind im Jahre 1922 in öffentlichen Elektrizitätswerken insgesamt 47,7 Milliarden kWh erzeugt worden, davon 17,2 Milliarden in öffentlichen Wasserkraftwerken, also rd. 450 kWh auf den Kopf der Bevölkerung. Rechnet man für jede der etwa 70 000 Gemeinden im Deutschen Reich 2 km Hochspannungsleitung, so kommt man bei vollem Ausbau auf 140 000 km Hochspannungsleitung. Ich glaube, daß heute in Deutschland angenähert 100 000 km Hochspannungsleitung vorhanden sind. Dieses Netz hat eine gewaltige wirtschaftliche Bedeutung. Eine durch eine Hochspannungsleitung übertragene elektrische Arbeit von 100 000 kWh ist unter Berücksichtigung des vielfach nicht besonders günstigen Verbrauches kleinerer Kraftanlagen wirtschaftlich gleichwertig einer Kohlenmenge von etwa 150 t Steinkohle oder 450 t Braunkohle. Rechnet man mit der Braunkohle, so ist diese Energielieferung während drei Stunden durch eine Leitung gleichwertig einer Kohlenlieferung von zwei Güterzügen zu 600 t Nutzlast an Braunkohle. Man muß sich vorstellen, welcher Aufwand an Menschen und an Material dazu gehört, um diese Kohlenmenge über das Land zu den einzelnen Verbrauchstellen zu verteilen und sie dort nutzbar zu machen. Dann hat man ein Bild davon, welche Bedeutung die elektrischen Leitungen für die Volkswirtschaft haben.

Die elektrische Verteilung großer Energiemengen schafft grundlegende Änderungen in den Bedingungen des gewerblichen Lebens eines Landes. Sie gewährt die Möglichkeit, die Industrie, die sich bisher vorwiegend auf die Kohlenbezirke zusammendrängte, über das flache Land zu verteilen. Diese Entwicklung kann für die sozialen Verhältnisse, für die Lage des Arbeiters von größter Bedeutung werden, weil die Arbeiter sich dann auf dem Lande seßhaft machen können.

Die Anlagen für die Landesenergieversorgung reichen in ihrer Bedeutung für Land und Volk heute schon an die Anlagen des Güter- und Personenverkehrs heran. Man darf wohl sagen, daß sie die Anlagen des Nachrichtenverkehrs an wirtschaftlicher Bedeutung heute schon überflügelt haben. Noch ringen die elektrischen Anlagen der Landesversorgung um die Anerkennung ihrer Gleichberechtigung, um einen ausreichenden Rechtsschutz gegen Böswilligkeiten aller Art. Noch stehen sie an vielen Stellen unter dem Druck alter Vorrechte, insbesondere der Anlagen für den Güter- und Personenverkehr sowie für den Nachrichtenverkehr. Die Vereinigung der Elektrizitätswerke hat in letzter Zeit nach dieser Richtung hin Schritte getan, die der wärmsten Unterstützung weiter Kreise wert sind. Es wäre wertvoll, wenn auch die amtliche Statistik ihre Aufmerksamkeit der Elektrizitätswirtschaft zuwenden wollte.

Mit der großen wirtschaftlichen Macht, die heute in den Händen der Unternehmungen für Energieversorgung liegt, erwachsen ihnen auch Pflichten. Insbesondere ist die Tarifpolitik der Werke eine Frage von größter Bedeutung. Die großen Elektrizitätswerke haben es mit der Tarifpolitik in der Hand, die einzelnen Werke der Industrie von einer unter dem Gesichtspunkt einer rationellen Energiewirtschaft unzweckmäßigen Gebarung fernzuhalten. Anderseits kann eine unzweckmäßige Tarifpolitik der Elektrizitätswerke die einzelnen Unternehmungen dazu zwingen, eigene Anlagen auch da in Betrieb zu halten, wo dieser Betrieb eine Vergeudung von Volksvermögen darstellt.

Eine andere für die Elektrizitätswirtschaft höchst bedeutsame Frage ist die nach der Betriebsicherheit der Stromversorgungsanlagen und insbesondere der Hochspannungsleitungen. Störungen in der Energieversorgung schädigen die angeschlossenen Werke unter Umständen in außerordentlich empfindlicher Weise, und die Landes-Elektrizitätsversorgung wird ihre Aufgabe nur dann voll erfüllen können, wenn sie durch eine störungsfreie Stromlieferung das volle Vertrauen der Allgemeinheit erwirbt. Nach dieser Richtung hin ist in den letzten Jahren außerordentlich viel Arbeit geleistet und sind große Fortschritte erzielt worden. Hier ist auf die sorgfältigen und umfassenden Arbeiten der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen hinzuweisen.

Ehe ich auf die Einzelheiten der elektrischen Anlagen eingehe, möchte ich einen Überblick über verschiedene Schwierigkeiten geben, die sich im Betriebe der elektrischen Energieversorgung beim Übergang von einzelnen kleinen Werken auf große Netze herausgestellt haben. Als man Überlandnetze geringeren Umfanges, die bisher von einem eigenen kleinen Werk versorgt wurden, mit vielen anderen Werken zu einem großen, an mehrere Großkraftwerke angeschlossenen Netz vereinigte, traten Schwierigkeiten auf infolge der großen Kurzschlußleistungen, infolge der großen Erdschlußströme sowie infolge von Überspannungserscheinungen. Die Kurzschlußleistung einer Wechselstromdynamo muß man unterscheiden nach dem Dauerkurzschlußstrom und dem Höchstwert des Kurzschlußstromes, der nur während verschwindend kurzer Zeiten fließt. Der Dauerkurzschlußstrom, der beim Abschalten unterbrochen werden muß, ist ungefähr dreimal so groß wie der Strom bei Vollast der Stromerzeuger. Der Höchstwert des Kurzschlußstromes, der zwar nur verschwindend kurze Zeit sofort nach Auftreten des Kurzschlusses fließt, der aber doch für die Kraftwirkungen des Stromes auf seinem Wege bis zur Kurzschlußstelle ausschlaggebend ist, kann durchschnittlich etwa gleich dem zehnfachen Wert des Normalstromes veranschlagt werden. Arbeiten auf ein Netz Werke mit einer Gesamtleistungsfähigkeit von 300 000 kVA, einer Zahl, die heute durchaus nicht phantastisch ist, so erreicht der Dauerkurzschlußstrom unter Umständen den Wert von 1 Million kVA und der Höchstwert des Kurzschlußstromes den Wert von 3 Millionen kVA. Es kann nicht wundernehmen, daß in der ersten Zeit der großen elektrischen Netze noch nicht alle Teile der Anlagen ähnlich gewaltigen Energien gewachsen waren. Heute sind die Schwierigkeiten überwunden. Stromerzeuger und Transformatoren werden heute kurzschlußfest gebaut. Ölschalter, die die auftretenden Kurzschlußströme gefahrlos abschalten können, stehen zur Verfügung. Alle im Wege des Kurzschlußstromes liegenden Maschinen, Apparate und Leitungsteile werden so gestaltet, daß sie den Kraft- und den Wärmewirkungen des Kurzschlußstromes gewachsen sind.

Eine weitere Überraschung brachten die großen Erdschlußströme ausgedehnter Netze. Wird ein Pol einer Dreiphasenleitung durch irgendeine Leitungsstörung an Erde gelegt, so bilden die beiden andern Leitungen mit ihm und der Erde einen Kondensator, dessen Ladestrom über die Erdschlußstelle geschlossen wird. Ist der Erdstrom bei kleinen Netzen gering, so erlischt er bald, ohne schwere Schäden anzurichten. Übersteigt der Erdschlußstrom einen bestimmten Wert, so bleibt der Lichtbogen erhalten, richtet schwere Verwüstungen an und führt leicht durch Ionisierung der umgebenden Luft zu Kurzschlüssen zwischen den Phasen, die außerordentlich bedenkliche Beschädigungen zur Folge haben können. Der Erdschlußstrom beträgt auf je 100 km Leitungsstrecke und 10 000 V bei 50 Per./s angenähert 3 A. Die Grenze der bedenklich hohen Erdschlußströme, die für 10 000 V z. B. von Petersen mit 5 Amp angegeben wird, ist bei den meisten heutigen Über-

landnetzen weitaus überschritten. Man ist dieser Schwierigkeiten durch Verwendung von Erdungsdrosselspulen nach Petersen und in andrer Ausführung inzwischen Herr geworden. Zwischen dem Nullpunkt des Netzes und der Erde liegt eine Drosselspule. Wird eine Phase an Erde gelegt, so erhält der Nullpunkt des Systems die Phasenspannung; die Drosselspule ist nun so zu bemessen, daß bei der Phasenspannung der Induktivstrom gleich dem Kapazitätsstrom des Netzes ist. Da aber der Kapazitätsstrom und der Induktivstrom in der Phase um 180° auseinanderliegen, heben sie sich auf bis auf Restströme infolge von Verlusten und von höheren Harmonischen. Die Frage, ob solche Erdungsdrosselspulen von Vorteil sind, ist eine Zeitlang stark bestritten worden. Man hat darauf hingewiesen, daß unter Umständen durch die Verwendung von Erddrosseln die Schwierigkeiten erhöht werden könnten; heute ist aber anerkannt, daß die Erddrossel für den Regelfall ein sehr wertvolles Hilfsmittel ist und die Schwierigkeiten infolge Erdung einer Phase in den meisten Fällen sehr wirksam beseitigt.

Bei Erweiterung der Netze haben sich Überspannungen sehr unliebsam bemerkbar gemacht. Bei jedem Schaltvorgang wandert eine Spannungswelle mit Lichtgeschwindigkeit über das Netz. Plötzliche Störungen in dem Gleichgewicht der atmosphärischen Elektrizität rufen gleichfalls Wanderwellen hervor. Durch Reflexion an Unstetigkeitspunkten der elektrischen Leitung steigern sich die Überspannungen erheblich. Solche Wanderwellen sind nicht nur in der absoluten Höhe ihrer Spannung gefährlich, sondern in erster Linie durch ihre sogenannte steile Front oder steile Stirn. Bei Annäherung der Wanderwelle steigt die Spannung nicht allmählich, sondern plötzlich. Dadurch kann besonders zwischen den Eingangswindungen von Spulen, in welche die Wanderwellen eindringen, eine Spannung entstehen, die erheblich über der vollen Betriebspannung des Netzes liegt und in gar keinem Verhältnis zu der Spannung steht, die die Spulen betriebsmäßig auszuhalten haben. Trotz ihrer geringen Energie können solche Wanderwellen die Isolation fein durchlöchern und allmählich zu solchen Schäden führen, daß die Betriebspannung den Überspannungsfunken auf ihrem Wege folgt und Apparate und Maschinen dadurch schwere Kurzschlüsse erleiden. Auch dieser Schwierigkeit ist man heute Herr geworden. Man isoliert die Eingangswindungen unter Berücksichtigung dieser Überspannungen stärker, man prüft die Apparate mit Sprungwellen, man verwendet wirksame Mittel, besonders Drosselspulen, um Überspannungswellen von den Apparaten fernzuhalten und den plötzlichen Anstieg der Spannung zu mildern, die steile Stirn der Wanderwelle abzuflachen oder abzuschleifen.

Durch kranke Stellen an weit ausgedehnten und mannigfaltig vermaschten Netzen entstehen ernste Schwierigkeiten. Je weiter zusammengeschaltete elektrische Netze reichen, je größer der Kreis der angeschlossenen Stromabnehmer ist, um so unangenehmer werden Betriebstörungen empfunden, um so wichtiger ist es, daß kranke Stellen im Netz so rasch wie möglich abgeschaltet werden und der Betrieb der gesunden Netzteile mit einem Mindestmaß von Störung weitergeht. Die Aufgaben, die hier zu lösen sind, bieten große Schwierigkeiten, weil mit den mannigfaltigsten Vermaschungen der Netze und verschiedensten Richtungen des Energieflusses, je nachdem, welche Kraftwerke in das Netz arbeiten, zu rechnen ist. Man hat die verschiedensten Systeme erprobt, es liegen verschiedene Anordnungen vor, die sich in ausgedehnten Betrieben seit langer Zeit gut bewährt haben, doch sind in dieser Richtung noch manche Aufgaben zu lösen, sowohl hinsichtlich des zuverlässigen Baues so empfindlicher Apparate, als auch hinsichtlich sorgfältigster Überwachung und Instandhaltung dieser Apparate im Betrieb.

Für den Betrieb großer Netze spielen Sprechverbindungen zwischen verschiedenen Teilen der Anlage eine große Rolle. Auch dieses Gebiet befindet sich heute noch in der Entwicklung. Im allgemeinen wird jedes große Werk versuchen müssen, einerseits Verbindungen über die Postleitungen zu schaffen, anderseits ein eigenes Sprechnetz zu besitzen. Dafür kommt einmal die Telephonie mit besonderen Drähten, die am Hochspannungsgestänge verlaufen, in Betracht, ferner die Hochfrequenztelephonie längs der Hochspannungsleitungen, eine besondere Ausführungsform der drahtlosen Telephonie.

Die elektrische Energieversorgung steht heute vor neuen Aufgaben hinsichtlich der Höhe der Spannungen.

Abb. 4. Netz der Überlandzentrale Reichenbach i. Vogtl.

Abb. 5. Das 100 000 V-Netz für die Stromversorgung des Freistaates Sachsen.

Bisher hat man grundsätzlich mit drei Spannungsbereichen gearbeitet. Die Überlandleitungen, die die Elektrizität jedem Dorf und jedem Gutshofe zuführen, führen in der Regel eine verkettete Spannung von 15 000 V, doch kommen auch 3000 bis 20 000 V vor. Die Verwendung einer Spannung von mehr als 20 000 V würde die Kosten der Transformatorenstationen, die in den zahlreichen Gemeinden aufgestellt werden müssen, ungebührlich erhöhen. Abb. 4 zeigt das Netz der Überlandzentrale Reichenbach im Vogtl., das mit 10 kV betrieben wird und auch insofern beachtlich ist, als die Versorgung einer Stadt mit einem Überlandzentralenbetrieb vereinigt ist. Nun kann man von einem Speisepunkt aus bei einer Spannung von zumeist 15 000 V keine allzu großen Bezirke versorgen, ohne zu unwirtschaftlichen Leitungsquerschnitten und unangenehmen Spannungsverlusten zu kommen. Mehr als 300 bis 400 Transformatorenstellen wird man in diesen Netzen von einem Speisepunkt aus in der Regel nicht versorgen können. Diese Speisepunkte für ganze Überlandnetze müssen nun ihrerseits von einem Mittelspannungsnetz mit Energie versorgt werden, das man in der Regel mit 30 bis 60 000 V betreibt. Diese Mittelspannungsnetze wieder werden bei der Großkraftversorgung vielfach nicht mehr von einzelnen Kraftwerken gespeist, sondern aus den großen Umspannwerken der Höchstspannungsnetze, die heute in Deutschland mit 100 000 bis 110 000 V betrieben werden.

Abb. 5 gibt einen Überblick über die Anlagen der sächsischen Landesversorgung, die sich auf das Kraftwerk Hirschfelde und das im Bau begriffene Kraftwerk Böhlen bei Leipzig stützen. Das Netz ist bei Hirschfelde und bei Leipzig mit dem 100 000 V-Netz der Elektrowerke A.-G., deren Hauptwerke in Zschornewitz, Trattendorf und Lauta liegen, verbunden, bei Hof steht die Verbindung mit dem Netz des Bayernwerkes bevor. Die Umspannwerke Dresden-Süd, Chemnitz-Süd, Silberstraße und Herlasgrün speisen Mittelspannungsnetze, die selbst wieder je eine Zahl von Überlandnetzen versorgen.

Die Verbindung der verschiedenen Höchstspannungsnetze sollte den Zweck haben, einen Ausgleich in der gesamten deutschen Energiewirtschaft zu schaffen. Wenn die oberbayerischen Ströme so starke, nicht speicherfähige Wassermassen führen, daß erhebliche Energien über den Bedarf Bayerns hinaus zur Verfügung stehen, so müßten diese Energien für die Versorgung Mittel- und Norddeutschlands verwendet werden. Umgekehrt sollte aus den mitteldeutschen Braunkohlenbezirken der Bedarf Bayerns gedeckt werden, wenn in ungünstigen Zeiten die bayerischen Wasserkräfte den Energiebedarf Bayerns nicht decken können. Diesen Aufgaben sind die 100 000 V-Netze nicht gewachsen. Man kann mit einer Spannung von 100 000 V über sehr weite Entfernungen große Energiemengen nicht mehr übertragen. Man hat sich überzeugt, daß für diesen Zweck Leitungen für 220 000V geschaffen werden müßten. Leitungen für diese Spannungen sind in Amerika bereits anstandslos in Betrieb. Auch die deutsche Elektrotechnik hat die mit der Ausgestaltung derartiger Anlagen verbundenen technischen Aufgaben bereits gelöst und ist heute in der Lage, elektrische Energieversorgungsanlagen für diese Spannung zu schaffen.

Abb. 6 zeigt, in welcher Weise man etwa daran denkt, Verbindungsleitungen von 220 000 V zwischen West- und Norddeutschland einerseits und Süddeutschland anderseits zu schaffen[1]). Möge es trotz aller Not der Zeit bald gelingen, diesen großzügigen Fortschritt in der deutschen Elektrizitätswirtschaft zu verwirklichen.

Am Schluß dieser allgemeinen Betrachtungen möchte ich noch auf die überaus schwierige und technisch hochinteressante Aufgabe der Spannungsregelung von Höchstspannungsleitungen und weitverzweigten Hochspannungsnetzen kurz hinweisen.

Bekanntlich hat eine leerlaufende, lange Hochspannungsleitung infolge ihrer Kapazität am Ende eine weit höhere Spannung, als ihr im Anfang vom Kraftwerk aufgedrückt wird. Ein befriedigender Betrieb solcher Leitungen ist nur mit einer bestimmten Mindestbelastung zu erzielen.

Weit verzweigte Netze bringen besonders infolge der erforderlichen Schutzdrosselspulen in den Schaltanlagen große Schwierigkeiten in der Spannungsregelung mit sich, die sich durch Phasenschieber, durch Potentialregler oder durch geeignete Anordnung von Transformatoren beseitigen lassen.

Kraftwerke.

Bei der Betrachtung einzelner Teile elektrischer Stromversorgungsanlagen, und zwar zunächst der Kraftwerke, möchte ich über die technische Ausgestaltung der Stromerzeuger, Transformatoren und Schalter im einzelnen nichts weiter sagen; denn die technischen Aufgaben, die

[1]) Vergl. auch Mitt. d Ver. d. El.-Werke 1924 Nr. 367 S. 328.

auf diesem Gebiet liegen, sind gelöst. Grundsätzlich Neues aus der letzten Zeit liegt nicht vor und ist auch für die nächste Zeit, soweit ich sehen kann, nicht zu erwarten. Neue Aufgaben, deren volle Lösung heute noch technische Arbeit erfordert, liegen im günstigsten Parallelarbeiten großer Kraftwerke. Man muß da grundsätzlich zwischen dem Blindstrom und dem Wirkstrom unterscheiden. Wirkstrom und Blindstrom verteilen sich nach ganz verschiedenen Gesetzen. Man kommt am einfachsten zu einer Lösung, wenn man ein Netz entstanden denkt aus zwei aufeinander gelegten Netzen, von denen das eine nur den Blindstrom, das andere nur den Wirkstrom führt. Bei der Verteilung des Wirkstromes spielen nur die Kraftmaschinen und ihre Regler eine Rolle. Parallel arbeitende Kraftwerke führen zu einer vollständig gleichen Periodenzahl aller laufenden Maschinen, die von der Belastung abhängig ist. Diejenigen Maschinen, deren Regler für eine Änderung der Belastung eine starke Geschwindigkeitsänderung verlangen, die also weich regulieren, werden mit wenig veränderlicher Belastung laufen, wenn parallel mit ihnen andere Stromerzeuger arbeiten, deren Regler den Kraftzufluß stark beeinflussen, sobald die Geschwindigkeit sich nur ein wenig ändert, die also hart regulieren. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß man z. B. beim Parallelarbeiten von Laufwasserkraftwerken mit Dampfkraftwerken zweckmäßig die Wasserturbinen weich, die Dampfturbinen hart regelt, um die Flußwasserkraft stets voll auszunutzen. Ebenso müssen beim Zusammenarbeiten mehrerer Kraftwerke diejenigen Werke, die besonders günstige Kohlenpreise haben, ständig gut belastet laufen, also weiche Regulatoren erhalten. In vielen Fällen wird es zweckmäßig sein, die Antriebmaschinen mit Regulatoren auszurüsten, deren Wirksamkeit man je nach den Betriebsverhältnissen weich oder hart gestalten kann.

Die Verteilung des Blindstromes hängt in keiner Weise von den Antriebmaschinen, sondern nur von der magnetischen Charakteristik der Stromverbraucher und von der Lage der Kraftwerke ab. Die günstigste Verteilung der Wirkleistung einerseits, der Blindleistung anderseits auf mehrere, parallel arbeitende Kraftwerke ist eine schwierige Aufgabe, die sorgfältigste Durchprüfung und eingehende ständige Überwachung erfordert. Wie weit es zweckmäßig ist, Netze zusammenzuschalten und viele Kraftwerke parallel arbeiten zu lassen, ob man es unter Umständen nicht vorziehen soll, einzelne Netzteile für sich arbeiten zu lassen, getrennt von den andern, ist eine schwierige Frage, auf deren Lösung heute viel Arbeit verwandt wird.

Schaltanlagen.

Die Schaltanlagen der Kraftwerke und der großen Umspannwerke sind in ihrer Ausgestaltung sehr ähnlich und grundsätzlich sehr einfach. An den Doppelsammelschienen großer Schaltanlagen hängen über Trennschalter und Ölschalter einerseits ankommende oder abgehende Leitungen, anderseits Transformatoren. Dazu kommen Schutzdrosselspulen zur Abdämpfung von Kurzschlußenergien und zum Schutz gegen Wanderwellen sowie Einrichtungen zum Überspannungsschutz. Man hat besonders an den Durchführungsisolatoren für hohe Spannungen vielfach Schwierigkeiten gehabt, doch sind diese Schwierigkeiten heute durch geeignete Konstruktionen überwunden. Für den Bau der Schaltanlagen steht heute in erster Linie die Frage zur Erörterung, ob man Freiluftanlagen oder Schalthäuser wählen soll. Ausgedehnte Schaltanlagen sind in Amerika und neuerdings auch in der Schweiz ohne Gebäude als Freiluftanlagen ausgebildet, während man in Deutschland die Unterbringung der Schaltwerke in festen Häusern vorgezogen hat. Die Schaltwerkbauten werden für sehr hohe Spannungen sehr groß und sehr kostspielig, weil alle Spannung führenden Teile in sehr großem Abstand voneinander und von den Gebäudeteilen verlegt werden müssen. Wie außerordentlich groß der Raumbedarf von Schaltanlagen für 220 kV sich gestaltet, zeigt die in Abb. 7 bis 10 dargestellte Anlage nach Angaben von Schrottke, das für die denkbar einfachsten Schaltungsverhältnisse bestimmt ist. Freiluftanlagen fordern anderseits eiserne Gerüste und eine besondere und kostspieligere Ausgestaltung der Hochspannungsgeräte; dafür bieten sie bequemeren Spielraum für Erweiterungen und Änderungen.

Auf den ersten Blick könnte man glauben, daß der Schutz gegen Regen und Schnee ein Vorzug der Gebäude ist. Regen und normale Schneefälle gefährden jedoch die Hochspannungsanlagen gar nicht, ebensowenig wie die Isolation der Freileitungen. Am unangenehmsten sind für die Isolation Witterungsverhältnisse, bei denen sich alle Körper und auch die Oberfläche der Isolatoren mit einer feinen Haut von Wassertröpfchen bedecken. Wenn die Isolatoren in Gebäuden nicht sorgfältig rein gehalten werden und dieser Feuchtigkeitsbeschlag von Staub durchsetzt ist, können ungünstige Witterungsverhältnisse auch in gemauerten Häusern ernste Störungen mit sich bringen. Ein schweres Bedenken gegen Freiluftwerke liegt in der Gefahr der Vereisung, insbesondere von Relais und Trennschaltern. Das ist der Grund, soweit ich sehe, warum man in Deutschland nur zögernd an die Freiluftanlage herangeht, obwohl alle Hochspannungsapparate für die Aufstellung im

Abb. 6. Plan eines 220 kV-Netzes in Deutschland.

Freien ausgebildet sind und auch Ölsorten zur Verfügung stehen, die selbst bei den vorkommenden niedrigsten Temperaturen flüssig genug bleiben, um das Schalten nicht in Frage zu stellen. Es wird von großem Interesse sein, auf diesem Gebiet die Entwicklung der nächsten Zeit zu beobachten. Es ist wahrscheinlich, daß ein Teil der Hochspannungsapparate im Freien aufgestellt, die gegen Vereisung empfindlichen dagegen geschützt untergebracht werden.

Abb. 7 bis 10. Schalthaus für 220 kV und 240 000 kVA.

Leitungen.

Der Betrieb von Hochspannungsleitungen hat bisher vielfach arg unter Schäden an Isolatoren gelitten. An vielen Stellen sind zahlreiche Isolatoren nach einer einigermaßen störungsfreien Betriebzeit von etwa fünf Jahren in großer Zahl zu Bruch gegangen. Fünf Jahre scheinen also ein gefährliches Alter für Porzellanisolatoren zu sein. Man hat die Ursache der Porzellanschäden darin gesucht, daß der verwendete Kitt im Laufe der Jahre Volumenänderungen erleidet, treibt und die Isolatoren zersprengt. Man hat viel Mühe darauf verwendet, einen nichttreibenden Kitt zu finden. In der letzten Zeit ist es gelungen, die elektrische Stoßprüfung zu entwickeln, wobei die Betriebsbeanspruchung der Porzellanisolatoren durch Wanderwellen bei der Prüfung nachgeahmt wird. Dabei kommen alle Schäden an das Licht, die sich infolge irgendeines Herstellungsfehlers im Porzellan befinden, kleine Luftbläschen, schlechtes Porzellanmaterial, Ansätze zu Sprüngen im Material. Es wäre ein großer Fortschritt, wenn man auf diese Weise die Quelle aller unliebsamen Betriebstörungen durch Isolatorschäden zustopfen könnte. Außerdem sind neuerdings Isolatoren konstruiert, die ohne jeden Kitt zusammengebaut werden. Die Isolatorenfrage ist also in letzter Zeit ein gut Stück vorwärts gekommen, zumal auch Prüfverfahren entwickelt sind, um kranke Isolatoren im Betriebe rechtzeitig zu erkennen und auszuschalten.

Der Kampf zwischen Stütz- und Hängeisolatoren ist von etwa 30 000 V an zugunsten der Hängeisolatoren entschieden. Auch bei niedrigeren Spannungen werden Hängeisolatoren vorgezogen, wo es auf die Betriebsicherheit der Leitungen ganz besonders ankommt.

Die Schwierigkeiten, die bei der weitgehenden Verwendung von Aluminium im Leitungsbau anfangs bei der Befestigung der Leitungen unter den Hängeketten oder über den Stützisolatoren aufgetreten sind, können heute als endgültig überwunden bezeichnet werden.

Höchstspannungsleitungen werden heute durchweg mit Mastabständen von etwa 250 m verlegt, neuerdings vielfach auf Schleuderbetonmasten auch mit Auslegern aus Beton, so daß die Schwierigkeiten infolge des Rostens und die Betriebskosten infolge des erforderlichen Neuanstrichs von Eisenmasten behoben sind.

Es hat sich herausgestellt, daß elektrische Leitungen vielfach durch Rauhreif und Wind an manchen Stellen stärker belastet werden, als in den üblichen Rechnungsgrundlagen vorausgesetzt wird. Man beschäftigt sich jetzt mit der Frage, unter welchen Bedingungen und an welchen Stellen die Beanspruchung durch Stürme und Rauhreifbildung besonders ungünstig ist. Es ist zu erwarten, daß dieses eingehende Studium manch neue Aufklärung über die meteorologischen Verhältnisse bringen und dem Leitungsbau festeren Boden schaffen wird.

Ich möchte noch die Einwirkungen der atmosphärischen Elektrizität auf elektrische Leitungen näher betrachten. Der amerikanische Ingenieur Peek, ein namhafter Forscher auf diesem Gebiet, hat vor einigen Monaten darüber eine Veröffentlichung herausgegeben, der Abb. 11 entnommen ist.

Auf Grund zahlreicher Beobachtungen in den Betrieben und auf Grund von Modellversuchen glaubt er, damit rechnen zu müssen, daß wir es bei Gewitterwolken mit Spannungen in der Größenordnung von 100 Millionen V zu tun haben. Die Stromstärke, die im Höchstfall beim Blitz auftritt, schätzt er auf angenähert 80 000 A. Die

Entfernung vom Punkt direkt unter der Wolke	g	Spannung induziert an einer Leitung 6 m hoch
0 m	330 kV/m	2000 kV
400 "	106 "	640 "
800 "	41 "	250 "
1600 "	12 "	72 "
3200 "	3 "	18 "

Wolke 300 m über der Erde mit einer Spannung von 100000000 V

Abb. 11. Einwirkungen der atmosphärischen Elektrizität auf elektrische Leitungen nach Peek.

Blitzentladung ist eine sehr stark gedämpfte Schwingung, so daß die Dauer des größten Stromes nach Bruchteilen von tausendstel Sekunden zu messen ist. Er nennt eine Leistung von 13 500 kW, die bei einer Blitzentladung frei wird. Es leuchtet ein, daß kein Teil der elektrischen Anlagen einem unmittelbaren Blitzschlag gewachsen sein kann, daß jeder unmittelbare Blitzschlag in einer elektrischen Anlage schwere Zerstörungen herbeiführen muß. Glücklicherweise kommen unmittelbare Blitzschläge in elektrischen Anlagen sehr selten vor. Der gewöhnliche Fall atmosphärischer Störungen in elektrischen Leitungen spielt sich in der Weise ab, daß die Ladung einer Gewitterwolke Elektrizität auf den Hochspannungsleitungen bindet, die dann, wenn die Ladung der Wolke sich in einem Blitzschlag auslöst, frei wird und sich als Wanderwelle mit Lichtgeschwindigkeit über die Leitung verbreitet. Peek glaubt unter einer Wolke mit einem Spannungsgradienten von 330 000 V/m rechnen zu müssen, der mit wachsender Entfernung vom Wolkenrand immer geringer wird und bei einem Abstand von 1,6 km auf 12 000 V/m sinkt. Rechnet man mit einem Abstand der Leitung von der Erde gleich 6 m, so ist die bei einem Blitzschlage freiwerdende Spannung unter der Wolke und an ihrem Rande mit 2 Millionen V zu veranschlagen. Diese Spannung hat auch noch in einiger Entfernung von der Wolke sehr beträchtliche Werte; daher glaubt Peek, daß man für den Einfluß atmosphärischer Elektrizität mit Spannungen in der Größenordnung von 1 Million V rechnen muß. Daraus ist ersichtlich, daß auch die Leitungen für Höchstspannungen durch atmosphärische Elektrizität fühlbar beeinflußt werden und besonderer Einrichtungen dafür bedürfen. Peek gibt an, daß die Überspannungen infolge atmosphärischer Elektrizität durch ein Erdungsseil auf ½, durch zwei Seile auf ⅓, durch drei auf ¼ herabgesetzt werden.

Wegen verschiedener Schwierigkeiten, wesentlich auch wegen der Gefahr böswilliger Zerstörungen, sind von manchen Seiten Bedenken gegen die Verwendung von Freileitungen überhaupt erhoben worden. Vor einigen Jahren hat einer der Männer, die führend an der Entwicklung unserer heutigen elektrischen Energieverteilung mit Drehstrom gearbeitet haben, nämlich v. Dolivo-Dobrowolski, das Ende der Freileitungen für die elektrische Energieübertragung prophezeit und die Elektrotechnik zu der Lösung der Aufgabe aufgerufen, die Energieübertragung auf eine andre Grundlage, und zwar unter Verwendung von Gleichstrom und von Kabeln zu stellen. Ob uns die Abkehr von Freileitungen bevorsteht, wie Dobrowolski angekündigt hat, kann heute noch niemand entscheiden, doch liegen heute schon einige Fortschritte in der von ihm angegebenen Richtung vor. Der Bau von Hochspannungskabeln hat große Fortschritte gemacht. Vor einigen Monaten ist ein allerdings nur wenige Kilometer langes Kabel für 60 000 V Drehstrom bei Kassel verlegt worden. Man arbeitet daran, Kabel für 100 000 V zu schaffen.

Von andrer Seite ist die Verwendung hochgespannten Gleichstromes in Angriff genommen worden. Die British Electrical Company, Ltd., ein großer Konzern, der sich u. a. im Krieg auch in den Besitz des früher Siemens gehörenden Stafford-Werkes setzte, hat eine kleine Versuchsanlage geschaffen, um hochgespannten Wechselstrom in hochgespannten Gleichstrom und diesen wieder in hochgespannten Wechselstrom zu verwandeln. Auf Grund der an dieser kleinen Versuchsanlage gewonnenen Erfahrungen sind zwei Einheiten für 2000 kW entwickelt worden, von denen die eine auf der Wembley-Ausstellung in London gezeigt wurde[1]). Der Dreiphasenstrom wird in drei Transformatoren besonderer Bauart in 36-Phasenstrom umgewandelt. Das geschieht dadurch, daß einzelne Kerne der Primärwicklung gleichzeitig an zwei Phasen angeschlossen werden, und daß der Strom auf der Sekundärseite teilweise unter Hintereinanderschaltung von Spulen zweier Kerne gewonnen wird. Die 36 Phasen werden an Lamellen eines stillstehenden Kollektors angeschlossen, auf denen synchron mit dem Wechselstrom laufend Bürsten schleifen. Auf diese Weise wird der Strom jeweilig von derjenigen Phase entnommen, in der die Spannung den Höchstwert hat. Um 100 bis 125 000 V zu erzeugen, werden 10 solcher Kollektoren mit umlaufenden Bürsten hintereinander geschaltet, umgekehrt dient ein solcher Apparat ohne weiteres dazu, den hochgespannten Gleichstrom in hochgespannten Wechselstrom umzuformen. Der Zweck der Einrichtung ist die Beseitigung aller Schwierigkeiten, die der Betrieb langer Wechselstromleitungen für Höchstspannungen mit sich bringt. Die Kapazität und die Selbstinduktion langer Wechselstromleitungen für Höchstspannungen machen sich insbesondere für die Spannungsregelung überaus unangenehm bemerkbar. Drehstromübertragungen erfordern drei Drähte, während eine Gleichstromübertragung mit einem Draht unter Verwendung der Erde als Rückleiter betrieben werden kann. Nach ausgeführten Versuchen bringt die Erdrückleitung, wenn die Erdplatten genügend tief eingesenkt sind, keinerlei Schwierigkeiten mit sich. Ferner liegt der Höchstwert der Drehstromspannung erheblich über dem Effektivwert, während in Gleichstromanlagen nur die Effektivspannung abzuisolieren ist. Daraus folgen Vorteile bei der Isolation und auch hinsichtlich der bekannten Koronaverluste.

Es scheint mir zweifelhaft, ob die Ausgestaltung dieser doppelten Umsetzung zwischen Drehstrom und Gleichstrom für große Leistungen nicht zu einer Apparatur führt, deren Kosten und Betriebserschwernisse die dadurch erzielbaren Vorteile überwiegen. Die bisher ausgeführte Leistung von 2000 kW spielt ja für die Großkraftversorgung noch keine nennenswerte Rolle. Hier fangen die zu übertragenden Leistungen bei 100 000 kW an. Jedenfalls stehen wir vor einem für die Weiterentwicklung der Elektrotechnik bedeutsamen Fortschritt. [B 733]

[1]) s. Z. Bd. 68 (1924) S. 1061.

Ein Fortschritt der Lichtbildtechnik.

Während für die Vorführung von Lichtbildern in Vorträgen und im Unterricht bisher Glasdiapositive erforderlich waren, sind neuerdings auch Einrichtungen geschaffen worden, um Bilder, die auf normale Filmstreifen kopiert sind, als Lichtbilder am Bildschirm vorzuführen. Filme dieser Art sind nicht zu verwechseln mit dem Laufbild der kinematographischen Darstellung; die Streifen bleiben vielmehr während der Vorführung eines Bildes in Ruhe und werden nur beim Wechseln der Bilder bewegt. Trotz der Kleinheit des Filmbildes (18 × 24 mm) sind scharfe und genügend helle Projektionsbilder bis zu einer Breite von 1½ bis 1¾ m zu erreichen, was für Vortragsräume von 8 bis 10 m Tiefe ausreicht. Bei Anwendung einer 100 W-Lampe besteht auch ohne besondere Kühlung keine Gefahr, daß der Film sich entzündet.

Der Vorteil des Filmbildstreifens besteht darin, daß, wenn das Negativ vorliegt, die Kopien sehr billig sind und daß sich die Streifen bequem aufbewahren und leicht befördern lassen. Hundert Lichtbilder für einen Vortrag können in der Westentasche mitgeführt werden. Zum Vorführen der Streifen ist ein handlicher, leicht zu bedienender und nicht kostspieliger Lichtbildwerfer ausgebildet worden, der auf Reisen mitgeführt und an jede Lichtleitung angeschlossen werden kann. Auskunft erteilt die Technisch-Wissenschaftliche Lehrmittelzentrale (TWL), Berlin NW 87, Sickingenstraße 24, die auch bei der Anschaffung von Projektionseinrichtungen für Glasbilder und von Kinogerät Rat erteilt. Auf die von der TWL herausgegebenen Leitsätze für Lichtbilder (TWL-Blatt 1143) sei an dieser Stelle nochmals hingewiesen.

Durch die neue Einrichtung wird es den Industriefirmen ermöglicht, unter Aufwendung geringer Mittel die Lehranstalten mit Lichtbildern über ihre Erzeugnisse und Arbeitsverfahren zu versorgen. Wenn solche Bildstreifen unter Berücksichtigung des Lehrzweckes mit Sorgfalt ausgeführt werden, dürften sie dankbare Abnehmer finden und zur Bekanntmachung der Arbeiten des Werkes in wirkungsvoller Weise beitragen. [N 88]

Neuere englische Dampfturbinen.

Von *E. A. Kraft, Berlin.*

(Schluß von S. 123.)

Metropolitan Vickers Electrical Co., Ltd., Manchester.

Die Gleichdruckturbinen, Bauart Vickers-Rateau dieser Firma, Abb. 42, sind schon aus früheren[1]) Mitteilungen an dieser Stelle bekannt geworden. Die neueren Turbinen bestehen nur aus einkränzigen Stufen. In einer der letzten dieser Stufen wird ein Teil des Dampfes in den im unteren Turbinengehäuse eingebauten Speisewasservorwärmer geleitet. Das Speisewasser wird durch die Rohre des Vorwärmers gedrückt, die der Dampf umspült. Der restliche Dampf strömt durch eine weitere Stufe, worauf der Dampfstrom durch einen in die Leitschaufeln eingebauten Ring geteilt wird.

Der Dampf, der durch den äußeren Ringraum strömt, wird infolge der Ausbildung der Leitschaufeln gleich bis auf Kondensatordruck entspannt, während die Dampfentspannung im inneren Ringraum wegen der großen Austrittswinkel der Leitschaufeln an dieser Stelle nur verhältnismäßig gering ist. Nachdem der Dampf des inneren Ringraumes die folgenden Laufschaufeln gleichfalls mit geringer Druckabnahme durchströmt hat, wird er erst in einer besondern Stufe vollkommen entspannt. Manchmal wird die letzte Stufe auch mit dreifacher Ausströmung ausgeführt.

Diese Anordnung der ND-Stufen ermöglicht, größere Dampfmengen bei hoher Drehzahl und Luftleere auszu-

[1]) Vgl. Z. Bd. 67 (1923) S. 1019.

RZ 892 Z 42

Abb. 42.
Metropolitan Vickers Electrical Co., Ltd., Gleichdruckturbine von 18 750 kW bei 1500 Uml./min mit einkränzigen Stufen und Mehrfachausströmung.

Abb. 43 bis 45. Metropolitan Vickers Electrical Co., Ltd., Anordnung der Düsenkasten, Düsengruppenventile und Frischdampfzuleitung.

Abb. 47. Metropolitan Vickers Electrical Co., Ltd., Wasser-Stopfbüchse für den ND-Teil.

Abb. 46. Metropolitan Vickers Electrical Co., Ltd., Vereinigte Labyrinth- und Wasser-Stopfbüchse für den HD-Teil.

nutzen, ohne daß man unzulässig lange Schaufeln oder Räder von großen Durchmessern mit entsprechend hohen Beanspruchungen braucht. Die obere Grenze für die Leistung einer Turbine wird bekanntlich bei einer gewissen Drehzahl vor allem durch die zulässige Länge der Schaufeln der letzten Stufe bestimmt. Die Schwierigkeit liegt also darin, bei zulässiger Schaufelbeanspruchung so reichliche Dampfquerschnitte zu erhalten, daß keine zu hohen Austrittsverluste entstehen. Durch die geschilderte Teilung des Dampfstromes wird der Querschnitt in der letzten Stufe fast so groß wie bei einer Schaufellänge von der Summe der äußeren Teile der Teilstufen. Infolge des Druckunterschiedes zwischen dem innern und äußern Ringraum tritt im Spiel zwischen Lauf- und Leitschaufel wohl ein Spaltverlust auf; da das Dampfvolumen in diesem Teil der Turbine aber bereits groß ist, so ist der Verlust nicht wesentlich.

Die erste Stufe der Vickers-Turbine hat im allgemeinen drei Düsengruppen. Eine Gruppe reicht für Halblast aus, zwei genügen für Vollast, die dritte ist für Überlast bestimmt. Bei größeren Turbinen werden die Düsenkasten rohrförmig ausgebildet und in das Turbinengehäuse tangential eingeführt, Abb. 43 bis 45. Die Düsenkasten sind an einem Ende an das Einströmventil oder an ein dahin führendes Rohr angeschlossen, während sich das andre Ende entsprechend der Wärmedehnung in einer Führung verschieben kann. Das ergibt bei geringen Abmessungen der abzudichtenden Flanschverbindung für jeden Düsenkasten einen großen Beaufschlagungsbogen. Der Radumfang ist somit in der ersten Stufe trotz der besonderen Düsenkasten nahezu voll beaufschlagt. Die HD-Düsen bestehen aus Schmiedestahl und sind vollkommen bearbeitet. Im ND-Teil sind die Düsen in gußeiserne Zwischendeckel eingegossen oder an Stahlgußzwischenböden in einzelnen Düsengruppen besonders befestigt.

Abb. 48. Metropolitan Vickers Electrical Co., Ltd., Schnellschlußregler.

Alle Laufschaufeln werden aus vollen Stangen gefräst. In Geschwindigkeitsrädern werden sie in T-förmigen Nuten gehalten, in den einkränzigen Stufen sind die Schaufelfüße derart ausgebildet, daß sie mittels gegabelter Füße die Laufscheiben von außen umfangen und durch eine Doppelreihe von Nieten darauf festgehalten werden. Für andre als vernietete Schaufeln gilt als allgemeine Regel, daß ihre Eigenschwingungszahl stets 3½mal so groß sein muß wie die Drehzahl der Maschine, wenn man Schaufelbeschädigungen infolge von Schwingungen vermeiden will. Die Schaufelenden sind durchweg mit Deckblechen versehen. Die axialen Schaufelspiele betragen in kleineren Turbinen 3 mm, in größeren 4,75 mm, die radialen Spielräume nie unter 6 mm.

Die kritische Drehzahl der Turbinenwellen liegt stets über der Betriebsdrehzahl. Ihre Durchmesser sind für jede Laufradbohrung abgestuft. Die Lagerschalen werden oben und unten mit Paßstücken versehen, und unter diese werden Beilagen von verschiedener Dicke gelegt. Bei kleinen Turbinen wird die Turbinenwelle in der Achsrichtung durch ein Drucklager mit mehreren Laufringen gehalten, bei größeren Turbinen verwendet man Einringlager.

Die Außenstopfbüchsen, Abb. 46 und 47, arbeiten mit Wasserabdichtung. In der HD-Stopfbüchse sind vor den Wasserring noch Labyrinthe geschaltet, so daß beide Wasserringe unter annähernd gleichen Bedingungen arbeiten. Die Außenstopfbüchsen sind vollkommen dicht, die Lager werden daher nicht durch ausströmenden Dampf erwärmt.

Der Schnellschlußregler, Abb. 48, ist als Schlagbolzen mit Feder ausgebildet. Die Ölversorgung der ganzen Anlage, Abb. 49, ist selbsttätig. Eine Zahnradpumpe mit wagerechter Achse saugt das Öl für die Lager und den Regler über ein Sieb und drückt es durch einen Kühler zu den Verbrauchstellen. Die Ölpumpe hat zwei Teile: der eine für 0,7 at Gegendruck dient für die Schmierung, der andere

für 4,2 at fördert das Öl für die Regelung. Beim Anfahren verwendet man eine besondere Handpumpe.

Die Dampfregelventile sind neben der Turbine angeordnet. Der Frischdampf strömt zunächst durch das Hauptabsperrventil und dann in einen Ventilkasten mit drei hintereinandergeschalteten Doppelsitzventilen, Abb. 50 und 51, welche die drei Düsengruppen der ersten Stufe speisen. Die Ventile werden durch Öldruck betätigt und entsprechend der Belastung nacheinander geöffnet.

Für kleinere Leistungen werden schnellaufende Turbinen mit Vorgelege ausgeführt, z. B. Gegendruckturbinen für 100 kW mit 7500/1000 Uml./min und Kondensationsturbinen von 400 bis 1150 kW mit 4500/750 Uml./min.

a Ölpumpe
b zu den Lagern
c Ölablauf aus dem Drucklagergehäuse
d zu den Turbinen- und Dynamolagern
e Wasser
f Ölkühler
g Sicherheitsventil
h Ölspiegel
i Sicherungsvorrichtung für sinkenden Öldruck
k Hauptsieb
l Hilfssieb
m Ölsteuerzylinder
n Dampfkasten
o betätigt durch Schnellschlußventil
p Ölablauf aus dem Dynamo- und dem hinteren Turbinenlager

Abb. 49. Metropolitan Vickers Electrical Co., Ltd., Anordnung der Ölversorgung.

W. H. Allen Sons & Co., Ltd., Bedford,

stellten in Wembley eine 250 kW-Turbo-Triebdynamo für Gegendruckbetrieb aus. Die Gleichdruckturbine von 6000 Uml./min besteht aus zwei Druckstufen, wovon die erste zweikränzig, die zweite einkränzig ist. Alle Schaufeln sind aus besondrer Phosphorbronze und aus dem Vollen gearbeitet. Der Dampf hat vor den Düsen 14,8 at und 310 °C, der Gegendruck beträgt rd. 1,4 at. Am vorderen Ende der Turbine sitzen ein Fliehkraftregler, welcher das Drosselventil mittels eines Ölservomotors betätigt, und ein Schnellschlußventil. Eine von der Hauptturbine angetriebene Zahnradpumpe fördert die gesamte Ölmenge in die Lager, das Vorgelege und die Ölsteuerung. Das Getriebe mit Doppelpfeilzahnrädern ist einstufig und vermindert die Turbinendrehzahl auf 650 Uml./min. Zwischen Ritzel- und Turbinenwelle ist eine bewegliche Kupplung angeordnet. Das Ritzel aus Nickelstahl ist mit der Welle in einem Stück geschmiedet; die andern Zahnkränze aus Kohlenstoffstahl sind auf Gußeisennaben aufgeschrumpft.

Belliss & Morcom, Ltd., Birmingham,

bauen im allgemeinen Gleichdruck-Räderturbinen von größerer Stufenzahl, Abb. 52. Die 15 einkränzigen Räder sind auf die Welle einzeln aufgesetzt. Der Durchmesser des ersten Rades und der der letzten Stufengruppe ist größer

Abb. 50 und 51. Metropolitan Vickers Electrical Co., Ltd., Schnitt durch Hauptabsperrventil und Düsengruppenventile.

Abb. 52. Belliss & Morcom, Ltd., Gleichdruckturbine von 1500 kW bei 3000 Uml./min.

Abb. 53. Belliss & Morcom, Ltd., Anordnung der Leit- und Laufschaufeln.

Abb. 55. Belliss & Morcom, Ltd., Schnellschlußregler.

als der der mittleren Räder. Die Turbine leistet 1500 kW bei 3000 Uml./min und Dampf von 14 at, 340 °C bei 95,5 vH Luftleere. Die HD-Gehäuse sind aus Stahlguß. Die erste Stufe ist bei mittlerer Belastung rd. 40 vH, bei Überlast 50 vH beaufschlagt. Das HD-Rad wird manchmal als zweistufiges Geschwindigkeitsrad ausgeführt. Die Räder sind kräftig ausgebildet, ihre Schwingungszahl liegt weit über der Zahl der bei Betriebsdrehzahl auftretenden Stöße. Die Vorderseite der ersten und die Hinterseite der letzten Radscheibe haben Aussparungen zum Anbringen von Auswuchtmassen.

Abb. 54. Belliss & Morcom, Ltd., Schnellschlußventil und Reglerventil.

Die Düsen und Laufschaufeln der ersten Stufe bestehen aus Stahl oder Monelmetall, die Schaufeln der folgenden Stufen aus dem üblichen Messing und die der letzten drei Reihen aus Manganbronze. Daneben verwendet man für hochbeanspruchte Schaufeln auch Flußeisen oder nichtrostenden Stahl. Hochbeanspruchte Schaufeln werden mit dem Schaufelfuß aus einem Stück gearbeitet. Die weniger beanspruchten Schaufeln sind gezogen und am Fuß mit einem Vorsprung versehen, über den eine entsprechend geformte Nase des Füllstückes greift. Die Schaufeln werden gleich an der richtigen Stelle des Umfanges eingesetzt. Die ND-Schaufeln sind manchmal am Fuß gegabelt. Bemerkenswert ist, daß die Zwischenböden aus Stahl gewalzt und vollständig bearbeitet werden. Für den Dampf werden mit einem Sauerstoffgebläse große rechteckige Öffnungen eingeschnitten, die nur durch dünne radiale Stege voneinander getrennt sind. Die Leitschaufeln sind nicht in die Zwischenböden eingegossen, sondern es sind gewöhnliche Stahl- oder Messingschaufeln, auf deren Enden U-förmige Deckbleche aus Stahl oder Messing genietet werden, Abb. 53. Nachdem man die inneren Deckbleche auf die Schaufeln aufgenietet hat, dreht man die den Laufschaufeln zugekehrten radialen Schenkel ab, während die andern Schenkel in Nuten der Zwischendeckel eingesetzt werden. Die äußeren Deckbleche der Leitschaufeln werden in Nuten des Turbinengehäuses gehalten. Man erhält so Leitkanäle, deren vier Wände ganz bearbeitet sind, aus beliebigem Baustoff hergestellt werden können und deren Leitschaufeln leicht auswechselbar sind.

Abb. 56. British Thomson-Houston Co., Ltd., Gleichdruckturbine von 1500 kW bei 3000 Uml./min.

Jedes Lager wird in einstellbaren Paßstücken gehalten und in der Nähe des Öleintritts mit Sicherheitsringen aus Messing versehen. Diese Ringe sollen die Welle tragen, wenn das Weißmetall der Lager ausläuft, und zu gleicher Zeit das Verstopfen der Ölzuleitung durch Metall verhindern. Zur Verbindung der Turbinen- und Generatorwelle dient eine bewegliche Klauenkupplung mit flachen Federn.

Die Regel- und Schnellschlußvorrichtung ist mit dem zugehörigen Ölservomotor in einem runden Kasten am vorderen Turbinenende untergebracht. Nach Entfernen des vorderen Deckels werden sämtliche Teile sichtbar und für die Überführung zugänglich. Die Ölpumpe ist in der Grundplatte unmittelbar unterhalb des Reglergehäuses angeordnet, so daß das Öl ohne Zwischenleitungen unmittelbar den Steuerzylindern zugeführt werden kann. Der Öldruck der Steuerzylinder beträgt 2,8 at. Die Pumpe fördert außerdem das Öl für sämtliche Lager. Beim Anlassen der Turbine tritt eine Handölpumpe in Tätigkeit.

Im Regler- und Schnellschlußventil, Abb. 54. strömt der Dampf vom Hauptabsperrventil durch das Dampfsieb in den Körper des Schnellschlußventils, der bei Turbinen bis zu 4000 kW Leistung mit dem des Reglerventils vereinigt ist. Der Dampfkanal des Schnellschlußventils hat die Form einer Venturidüse. Der Ventilsitz ist ein schweres Stahlgußstück, das Ventil selbst ein Schmiedestück und hat die Gestalt eines auf beiden Seiten mit Führungsspindeln versehenen Kreisels. Um die Spindel auf der einen Seite greift der gegabelte Hebel der Schnellschlußvorrichtung. Ventil und Ventilsitz halten starke Stöße aus, das Ventil schließt, obwohl keine Puffervorrichtung vorhanden ist, innerhalb eines Bruchteils einer Sekunde, ohne Schaden zu erleiden. Die Durchflußquerschnitte entsprechen denen des Hauptventils. Das Schnellschlußventil wird durch einen exzentrisch ausgebildeten Ring, Abb. 55, betätigt. Beim Überschreiten der zulässigen Drehzahl nimmt der Ring eine exzentrische Lage an und klinkt einen Hebel aus, der in Verbindung mit dem Steuerzylinder steht. Das Schnellschlußventil kann auch von außen durch einen besonderen Hebel betätigt werden. Das Reglerventil ist ein gewöhnliches Drosselventil, das mittels eines durch Drucköl betätigten Hebels bewegt wird und sich auch unter vollem Dampfdruck mit verhältnismäßig geringem Kraftaufwand verschieben läßt. Der Einströmkanal für den Dampf ist nur im untern Turbinengehäuse eingegossen; er erstreckt sich also nicht über dieses hinaus, so daß man die wagerechte Teilfuge des Turbinengehäuses nicht gegen hochgespannten Dampf abzudichten braucht.

British Electric Plant Co., Ltd., Alloa.

Diese Firma baut Kesselspeisepumpen mit Antrieb durch Turbinen von 30 000 Uml./min; die Drehzahl wird durch einstufige Zahnradvorgelege heruntergesetzt. In Wembley war eine solche Turbopumpe von 50 PS-Antriebsleistung mit einem die Drehzahl im Verhältnis von 10 : 1 vermindernden Getriebe ausgestellt.

British Thomson-Houston Co. Ltd., Rugby.

Die Gleichdruck-Räderturbine der British Thomson-Houston Co. im Kraftwerk der Wembley-Ausstellung besteht aus einem zweikränzigen Rad und sechs einkränzigen Stufen, Abb. 56 und 57. Die Durchmesser auf Mitte Schaufelkreis betragen 1090 bis 1220 mm, entsprechend Umfangsgeschwindigkeiten von 171 bis 181 m/s. Die vierte Stufe hat einen Anschluß zum Anzapfen von Dampf für Speisewasservorwärmung.

Die Turbodynamo ist eine Dreilagermaschine, bei der Turbinen- und Dynamowelle durch starre Flanschkupplung verbunden sind. Die Laufräder werden hydraulisch mittels Bronzebüchsen auf die Welle aufgezogen. Der Querschnitt der Räder nimmt nicht, wie üblich, gegen die Nabe allmählich zu, sondern ist bei ungefähr ⅓ des Durchmessers abgesetzt und innen wesentlich stärker als außen.

Abb. 57. British Thomson-Houston Co., Ltd., Gleichdruckturbine von 1500 kW bei 3000 Uml./min mit abgehobenem Deckel.

RZ892Z59

Abb. 58. British Thomson-Houston Co., Ltd., turboangetriebene Hilfsölpumpe.

Die Zwischendeckel sind kräftige Gußstücke, in der Wagerechten geteilt, in Nuten des Turbinengehäuses gelagert und gegen Drehen gesichert. Bemerkenswert ist, daß alle Düsen und Schaufeln dieser Turbinen aus nichtrostendem Stahl bestehen.

Zum Abdichten der Welle gegen die Außenluft dienen Stopfbüchsen mit Kohleringen, die durch Federn zusammengehalten werden. Die Stopfbüchsen können, ohne daß das Turbinengehäuse geöffnet wird, eingebaut oder entfernt werden. Die Außenseiten der Lagerschalen sind kugelig ausgebildet, die Lager für Preßölschmierung eingerichtet, außerdem aber mit Schmierringen versehen. Gegen die Turbine sind die Lagergehäuse besonders sorgfältig abgedichtet. Das Turbinenlager an der Dynamoseite hat eine Vorrichtung, die imstande sein soll, etwaige Schwingungen zu dämpfen.

Der Turbinenläufer wird in der Längsrichtung durch ein Vielringdrucklager gehalten; es besteht aus einem wagerecht geteilten Gehäuse aus Gußeisen mit Weißmetall-Druckflächen und aus Laufringen, die unmittelbar aus der Turbinenwelle herausgeschnitten sind, und ist in einem Fortsatz des vorderen Turbinenlagers eingebaut, wo man es mittels Schnecke und Schneckenrades in der Längsrichtung einstellen kann. Das kann auch während des Betriebes geschehen, da der Antrieb an der Außenseite des Lagerbockes angeordnet ist. Damit keine unbeabsichtigte Verstellung stattfindet, ist die ganze Vorrichtung verriegelt.

Das Schmieröl fördert eine von der Reglerwelle angetriebene Zahnradpumpe, Abb. 57. Abb. 58 zeigt den Schnitt durch die turboangetriebene Hilfsölpumpe.

James Carmichael & Co., Ltd., Dundee,

bauen bis zu 150 PS einstufige Gleichdruckturbinen mit Zahnradvorgelege und über 150 PS mehrstufige Turbinen. Ihre Turbo-Kesselspeisepumpen sind dadurch bemerkenswert, daß sie mit 30 000 Uml./min laufen und ihre Drehzahl durch ein einstufiges Getriebe mit 10 : 1 oder durch ein zweistufiges Getriebe mit 60 : 1 Übersetzung herabgesetzt wird. Die Turbinenwelle und die Räder der Zahnradvorgelege laufen in Kugellagern.

James Howden & Co., Ltd., Glasgow,

bauen Gleichdruckturbinen mit einkränzigen Rädern nach Zoelly. Die Turbine im Kraftwerk der Wembley-Ausstellung, Abb. 59, leistet bei 3000 Uml./min 1500 kW und besteht aus 8 einkränzigen Stufen. Die Laufräder sind mittels kleiner, geschlitzter Ringe und Keile auf der glatten Welle befestigt. Der Rädersatz wird durch Muttern an den Enden gehalten. Die Kränze der Räder tragen T-förmige Nuten zur Aufnahme der Schaufeln und Füllstücke. In den letzten beiden Stufen, wo größere Schaufelgeschwindigkeiten und Beanspruchungen auftreten, sind die Schaufeln und Füllstücke aus dem Vollen gefräst. Die Dicke der längeren Schaufeln nimmt von der Wurzel gegen das äußere Ende ab.

Der HD-Teil des Gehäuses ist aus Stahlguß, der ND-Teil aus Gußeisen. Das Gehäuse ruht auf der Grundplatte nur mittels der beiden Lagerböcke, wovon der vordre Drucklager, Regler und Ölpumpe enthält. Das Drucklager ist ein Einscheibenlager und an der HD-Lagerschale angeordnet. Die von der Turbinenwelle angetriebene Zahnradpumpe fördert das Öl mit niedrigem Druck in die Lager und mit höherem Druck in den Regler, der als Patronenregler ausgebildet ist. Am Hochdruckende der Turbine ist ferner ein mit der Hand zu betätigendes Überlastventil vorhanden. Die Drehzahl kann mit der Hand oder auf elektrischem Wege von der Schalttafel aus geregelt werden. Turbinen- und Dynamowelle sind starr durch Flansch verbunden.

RZ892Z60

Abb. 59. James Howden & Co., Ltd., Gleichdruckturbine, 1500 kW, 3000 Uml./min.

G. & J. Weir, Glasgow,

bauen kleine einstufige Gleichdruckturbinen für den Antrieb von Turbopumpen, Abb. 60. Die Turbine besteht aus einem Laufrad mit drei Geschwindigkeitsstufen. Die Welle aus Nickelstahl ruht in zwei Ringschmierlagern

und ist durch Kohlestopfbüchsen abgedichtet. Turbinengehäuse und Pumpengehäuse sind wagerecht geteilt. Der untere Teil des Turbinengehäuses ist gleichzeitig Grundplatte und an einem Ende mit einem Flansch versehen, woran das Pumpengehäuse befestigt ist. Das nur 1 at Druck ausgesetzte Turbinengehäuse besteht aus Gußeisen, Düsenkasten und Drosselventile aus Stahlguß. Die Regelorgane sind auf dem Oberteil aufgebaut. Der Schnellschlußregler ist ein exzentrischer Ring, der durch eine Feder zentrisch gehalten wird. Der Düsenkasten ist mit mehreren Hilfsventilen versehen, die erst bei Vollast und Überlast geöffnet werden.

Richtlinien für den Entwurf der beschriebenen Dampfturbinen.

Im allgemeinen scheint man in England die Ansicht zu vertreten, daß der thermische Wirkungsgrad zugunsten des wirtschaftlichen Wirkungsgrades zurückstehen muß. Bei dem heutigen Stande der Brennstoffpreise in England scheint man die Notwendigkeit, die Wirtschaftlichkeit der bisherigen Turbinenbauarten durch wesentlich größeren Materialaufwand zu erhöhen, noch nicht allgemein erkannt zu haben. Die englischen Wirtschaftsverhältnisse sind allerdings günstiger als auf dem Festland, wo es jedenfalls eher berechtigt ist, hohe Wirkungsgrade anzustreben, also größere Kosten für Baustoffe und Löhne aufzuwenden.

In den Fällen, wo neue Bauarten in Angriff genommen werden, ist das Streben nach geringeren Geschwindigkeiten deutlich erkennbar. Diese neuen Bauarten haben niedrigere Dampfgeschwindigkeiten, somit mehr Stufen als bisher, wozu die Ergebnisse der Versuche des Steam nozzle research Committee[1]) die erste Veranlassung gewesen sein dürften.

Druckgefälle. Die Frischdampfdrücke betragen im allgemeinen 15 bis 17, höchstens 20 at. Bemerkenswerte Ausnahmen sind die 50 000 kW-Parsons-Anlagen für Chicago und die Benson-Anlage[2]). An die Verwendung des Höchstdruckes geht man somit nicht mit Hochdruck heran. Im Zusammenhang mit den Drücken betragen auch die Frischdampftemperaturen im allgemeinen nicht über 350 bis 375, ausnahmsweise 400 °C. Zwischenüberhitzung verwendet man selten, da man bei den genannten Drücken auch ohne sie nicht zu weit ins Naßdampfgebiet kommt. Längere Betriebserfahrungen mit Zwischenüberhitzung liegen nicht vor.

Vorwärmung des Speisewassers durch Anzapfdampf der Hauptturbine wendet man insbesondere bei größeren Leistungen in zunehmendem Umfang an. Einfache Speisewasservorwärmung haben im übrigen bereits 1876 James Weir und 1889 Normand, mehrfache Vorwärmung hat 1906 Ferranti vorgeschlagen. Ihre Vorteile sind also lange bekannt.

Aufbau. In der Mehrzahl kommen Eingehäuseturbinen vor. Wird auf höhere Wirtschaftlichkeit Wert gelegt, so verteilt man die Dampfentspannung auf zwei Gehäuse, wobei häufig das Gleichdruckverfahren im Hochdruckgebiet, das Überdruckverfahren im Niederdruckgebiet Anwendung findet. Mehrkränzige Geschwindigkeitsräder verwendet man in der ersten Stufe, wenn an Baulänge gespart werden soll, oder bei kleinen Leistungen.

Das Gebiet der kleinen Leistungen beherrscht die raschlaufende Turbine mit Zahnradvorgelege. Schnellauf ergibt kleine Abmessungen, geringe Gewichte und niedrige Herstellkosten, erleichtert überdies auch die Verwertung größerer Druck- und Temperaturgefälle, da bei kleinen Abmessungen die Beanspruchungen und die Gefahr des Verziehens abnehmen. Die Leistung, bei der man mit Übersetzungsgetrieben beginnt, ist bei den einzelnen Firmen nicht gleich. Auch die Primärdrehzahl der Turbinen ist für gleiche Leistungen nicht immer gleich. Eine größere Anzahl von Ausführungen wurde mit 10 000 bis 30 000 Uml./min gebaut. Übersetzungsgetriebe benutzt man insbesondre für langsamlaufende Gleichstromdynamos. Auch bei Bergwerks-, Spinnerei- und Webereimaschinen, Papiermühlen, Seiltrieben findet man in England häufig Getriebeturbinen.

Konstruktionseinzelheiten. Das HD-Ende der Turbinen bilden die einzelnen Firmen nicht nach den gleichen Gesichtspunkten aus. Zum Teil legt man Wert darauf, daß der Frischdampf nicht unmittelbar in das Gehäuse gelangt, sieht also besondre Düsenkasten vor. Häufig und insbesondere bei voller Beaufschlagung der ersten Stufe ist der vordere Teil des Gehäuses als Ringraum ausgebildet, der im Betrieb dem vollen Dampfdruck ausgesetzt ist.

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 182.
[2]) Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 1166/1168.

Abb. 60. G. & J. Weir, Ltd., Turbokesselspeisepumpe für 450 l/min.

Im HD-Gebiet verwendet man häufig vollkommen bearbeitete Düsen. Die Zahl der Düsen ist in jeder Stufe verhältnismäßig groß, ihre Teilung also gering. Zum Abdichten der Turbinenwelle gegen die Außenluft dienen nebst den üblichen Labyrinthdichtungen häufig Kohle- und Wasser-Stopfbüchsen. Die Schaufelspielräume sind im allgemeinen reichlich. Die Wirtschaftlichkeit durch geringere Schaufelspielräume zu erhöhen, wird nicht beabsichtigt. Überdruckbeschaufelung wird mit reichlichen Schaufelspielräumen, aber geringen Deckbandspielen ausgeführt.

Zur Aufnahme des Axialschubes dienen fast ausschließlich Einring-Drucklager mit beweglichen Druckklötzen, in England Michell-Drucklager genannt. Auch Lauflager nach der Michell-Bauart scheinen Aussicht auf umfangreiche Anwendung zu haben. Die Steuerungen sind im allgemeinen einfach. Häufig findet man nur Drosselregelung. Auf den Dampfverbrauch bei Teillasten scheint man also weniger Wert zu legen.

Baustoffe. Für den HD-Teil der Turbinengehäuse benutzt man fast ausschließlich Stahlguß, für Schaufeln am häufigsten niedrigprozentigen Nickelstahl. Nichtrostender Stahl wird im allgemeinen nur in Sonderfällen verwendet, weil die Herstellung zu teuer ist. Im MD-Gebiet, insbesondre bei Überdruckbeschauflungen, verwendet man die üblichen Messingarten, für die Stufen im ND-Gebiet manchmal Monelmetall.

Die beschriebenen Turbinenbauarten weichen zum Teil in Einzelheiten weit voneinander ab, obwohl das Ziel, die betriebsichere Maschine mit gutem Dampfverbrauch, das gleiche ist. Dabei drängt sich der Gedanke auf, daß man in der Zeit der Normungsbestrebungen, die die ganze Welt umspannen, auch im Turbinenbau eine gewisse Einheitlichkeit anstreben sollte, damit nicht soviel Geistesarbeit auf verschiedene Modelle verschwendet wird.

Die Übersicht kann keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, da die Unterlagen im Getriebe einer internationalen Zusammenkunft beschafft werden mußten. Anerkennung verdient, daß diese Unterlagen sehr bereitwillig zur Verfügung gestellt wurden. [B 892]

RUNDSCHAU.

Aus dem Ausland.

Gießerei und Werkstoffbearbeitung.

Eine große amerikanische Graugußgießerei.

Ende August d. J. ist in den Vereinigten Staaten von Amerika die für die Studebaker Corporation, South Bend, Ind., gebaute Gießerei fertig geworden. Die Bauzeit betrug ein Jahr. Die Abmessungen des Geländes betragen 220 × 208 m², Abb. 1. Die Anlage verlangt nicht nur wegen ihrer gewaltigen Größe, sondern auch wegen ihrer Hallenanordnung, ihrer Arbeit ersparenden Ausrüstung, ihrer Beleuchtung, Lüftung und Heizung Beachtung.

Das Rohstofflager ist in einer Halle untergebracht, in der das Roheisen, die Brennstoffe und der Sand besonders gestapelt sind. Zum Verladen der fertigen Gußstücke dient eine besondere Halle. Zwischen den beiden Hallen, die einander gegenüber liegen, findet der Materialumlauf statt. Zur Erhöhung der Feuersicherheit sind die wesentlichen Hallenteile mit Ziegelsteinen verkleidet.

500 t Fertigguß können täglich hergestellt werden. Zurzeit wird im unterbrochenen Betrieb gearbeitet; jedoch sind die Anlagen so eingerichtet, daß ein Dauerbetrieb möglich ist. 900 Arbeiter sind in der Anlage beschäftigt.

Auf der Ostseite der Lagerhalle werden die Rohstoffe auf dem Schienenwege, 3 m über dem Fußboden, angerollt. Die Kohlen werden in drei 6 m tiefe, 150 Kohlenwagen fassende Betonbehälter entladen, die unter den Schienen liegen. Zwischen den Behältern ist je eine 1000 kg-Wage eingebaut, über die Schmalspurgleise laufen, die zu zwei 10 t-Aufzügen führen. Durch diese werden die Kohlenwagen zur Beschickbühne der Kuppelöfen gehoben. An den beiden Enden der Halle zu ebener Erde befindet sich das Roheisen- und Schrotlager mit einem Fassungsvermögen von 280 Wagenladungen zu je 50 t. Diese beiden Lagerplätze sind mit mehreren 2500 kg-Wagen ausgerüstet, von denen Schmalspurgleise zu einer an der Westseite der Halle befindlichen elektrischen Schmalspurbahn laufen, deren Stromschienen unter dem Fußboden liegen. Die Bahn führt zu Aufzügen, mit denen die Kohlen nach den Gichtbühnen befördert werden. Zwischen den Roheisenlagern befinden sich acht Sandbehälter von insgesamt 450 Eisenbahnwagen Fassungsvermögen; sie enthalten eine für ½ Jahr ausreichende Sandmenge. Der Sand wird durch einen elektrisch angetriebenen 3 t-Laufkran entladen, der einen 1,2 m³ fassenden Greifer hat. Außerdem sind zum Heben des Roheisens und Schrotes zwei 10 t-Krane mit einem 1,5 m² großen Magneten vorhanden. Der Kernsand wird von der Lagerhalle nach der Verbrauchstelle durch Trichter geführt, aus denen bestimmte Mengen herausgenommen, gemischt und durch einen Hängeaufzug in das zweite Stockwerk der Kuppelofenhalle gebracht werden; durch ein endloses Förderband wird der Sand dann nach den Mischern geführt. In diese fließt das Kernöl aus einem kleinen Behälter, der durch eine Pumpe aus einem in der Lagerhalle stehenden 450 hl fassenden Behälter gespeist wird. Unter den Mischern laufen Schmalspurwagen, die auf die Galerie der Kernformerei gebracht und auf eine Rinne entleert werden, um die Kernformtische mit Sand zu beliefern.

Abb. 1. Grundriß des Geländes einer amerikanischen Gießerei.

Der Formsand wird gleich dem Kernsand behandelt. Durch Förderschnecken wird er den Mischern zugeführt, die sich auf dem zweiten Stockwerk der Kuppelofenhalle, entgegengesetzt dem Kernsandmischraum, befinden. Von hier gelangt er durch Förderschnecken in die Aufbereitvorrichtung und wird dann in Behälter geleitet, aus denen er durch Bodenfalltüren abgezogen wird.

Die Beschickbühne der Kuppelöfen liegt im dritten Stockwerk. In diesem befinden sich 18 Gleise für 150 Wagen. Vier Kuppelöfen für 14 bis 20 t/h sind in der Halle aufgestellt. Die Öfen haben auf jeder Seite eine Tür, die mittels Druckluft geöffnet werden. Druckluft-Beschickvorrichtungen entleeren die Wagen in die Öfen.

Der Wind für die Öfen wird in drei Gebläsen erzeugt, die ungefähr 3000 m³/min Luft liefern und durch je einen Motor von 125 PS angetrieben werden. Die Lagerräume für Tonerde und Schamotte liegen auf dem ersten Stockwerk der Halle.

Westlich der Kuppelofenhalle befindet sich die Kernformhalle, an deren beiden Seiten zwei gleich große Formereihallen liegen. Ungefähr 1600 m Hängebahn mit Laufkatzen von je 5 t Tragkraft bringen die Gießpfannen und die Kernfachgestelle in die Formereihallen, die je in vier gleich große Teile geteilt sind. Zwischen jeder Formereihalle und der in der Mitte befindlichen Kernformhalle sind Höfe angeordnet, in denen die fertigen Kerne aufgehoben werden. Die Kernfachgestelle haben Ösen für die Laufkatzen und Rollen, um an den Arbeitsplatz des Formers gebracht zu werden. In der Kernformerei werden die grünen Kerne, abgesehen von einer besonderen Art, den Großkernen, auf Gestelle gelegt, die zum und vom Ofen durch Hebezeuge gebracht werden. Die aus den Öfen geholten Kerne werden, nachdem sie geordnet, geschwärzt, nachgemessen und geprüft sind, von den feststehenden auf die mit Rollen versehenen Gestelle gelegt.

In jedem Hallenteil werden bestimmte Motorteile geformt. Zum Füllen der Kurbelformkasten dienen Sandschleudermaschinen[1]). Ein Platz mit einer Grube ist für besondere Gußstücke (Ersatzteile für andre Betriebe des Werkes, z. B. Schmiedeblöcke) vorhanden.

Die Gußstücke werden von der Formerei zur Putzerei durch vier parallele Tunnel geschafft, von denen je zwei unter einer Halle angeordnet sind. Nach dem Herausschlagen aus der Form werden die Gußstücke durch die Öffnung in die im Tunnel befindlichen Wagen gelegt. In die Putzerei werden sie aus dem Tunnel durch Druckwasseraufzüge oder elektrische Laufkrane gehoben. Auf der der Putzerei entgegengesetzten Seite gehen die Tunnel bis in die Rohstoffhalle und werden zum Befördern von Ausschuß, Schrot, Eingußkanälen, Steigern usw. aus der Putzerei nach der Rohstoffhalle benutzt. Von hier werden die Abfälle entweder durch Eisenbahnwagen fortgeschafft oder den Kuppelöfen wieder zugeführt.

Die Formkasten sind in einem besondern Raum untergebracht, an dessen einem Ende die elektrischen Zugmaschinen untergestellt werden und der von einem 3 t-Kran bestrichen wird. In beiden Formereien sind für die vier Abteilungen je sechs auf Schienen laufende Krane mit Handlaufkatzen eingebaut.

In der Kernformerei werden sechzehn achteckige Kernbänke und drei Tische für die großen Kerne durch Blechrohre von der Decke her mit Sand versorgt. In dieser sind außerdem Luftheizflächen unter dem Dach angeordnet. Das heiße Wasser wird vom Kraftwerk der Anlage geliefert. Eine Aushilfsanlage hierfür ist vorhanden. Der Luftumlauf wird neben der Heizanlage mittels durchgehender elektrisch bedienbarer Fenster geregelt, die im Oberlicht und in den Seitenwänden eingebaut sind.

In der Gußputzerei sind Polierzylinder, Schleif- und Poliermaschinen und Sandstrahlgebläse aufgestellt. Der Staub wird durch besondere Lüftanlagen entfernt. In der Werkzeugmaschinenhalle werden vor dem Verladen alle Gußstücke abgedreht. Hierbei werden die fehlerhaften Gußstücke ausgeschieden. Die Verladehalle gewährt Raum für 1000 Eisenbahnwagen-Ladungen; acht Wagen können gleichzeitig beladen werden. Das Dienstgebäude ist zweistöckig. Hier befinden sich Bureauräume, Modellvorratskammern, die Räume für Materialprüfung, das physikalische und das chemische Laboratorium, die Rettungsstelle, Wasch- und Baderäume für die Angestellten und ein Erfrischungsraum. („The Iron Age" Bd. 114 (1924) S. 835.) [M 15] Gw.

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 135.

Dauerverfahren beim elektrischen Schmelzen[1]).

Seitdem der elektrische Schmelzofen ein wichtiger Bestandteil bei der Stahlerzeugung geworden ist, haben sich die Erbauer und Verbraucher der Öfen bemüht, durch Verringern der Zeit zwischen zwei Schmelzvorgängen die Herstellungsmengen zu steigern. Die hierdurch entstehenden Vorteile sind außer der Erhöhung der Stahlerzeugung in der Zeiteinheit: Verringerung der Kraftkosten und Arbeitskosten für 1 t, größter Gewinn aus dem Anlagekapital und Annäherung an das Dauerverfahren.

Die ersten elektrischen Öfen wurden zur Herstellung von hochwertigem Stahl, z. B. Werkzeugstahl und Sonderstahl, verwendet. Die Öfen waren gewöhnlich basisch ausgemauert und mit verhältnismäßig kleinen Transformatoren ausgerüstet. Im allgemeinen waren zur Verarbeitung von 4 t in einem Schmelz- und Frischvorgang 8 h nötig. Dieser erhebliche Zeitaufwand hatte die hohen Kosten der Erzeugnisse und die geringe Verwendung der Öfen in den Gießereien zur Folge.

Als die elektrischen Öfen sich zu einem praktischen Herstellungsgerät zu entwickeln begannen, verlangte man höhere Hitzegrade, um die Öfen für die Gießereien wirtschaftlich zu gestalten. Man stellte die Öfen daher sauer zu, um die Dauer des Frischens zu verringern. Die Lichtbogenspannung und Umformergrößen wurden gesteigert. So abgeänderte Öfen schmelzen ihren Einsatz in 45 min bis 1 h.

Nach dem Verringern der Schmelzzeiten wurde die Zeit zwischen den Schmelzvorgängen von Wichtigkeit; sie setzt sich zusammen aus den Zeiten für das Entleeren der Öfen, das Ausbessern der feuerfesten Ausmauerung und das Füllen der Öfen. Bei den üblichen Öfen braucht man, wenn durch einen Arbeiter beschickt wird, eine Zeit von 25 bis 45 min. Durch Einführen von mechanischen Beschickvorrichtungen verringerte sich die Füllzeit auf 20 min. Dieses Mittel war jedoch unwirtschaftlich, da dazu ein neues Hebezeug und mehrere nicht voll ausgenutzte Arbeitskräfte notwendig waren. Das Verwenden einer elektrischen Einrichtung für mehrere Schmelztiegel nacheinander führte fast zu einem Dauerbetrieb. Zwei Öfen kann man ausrüsten:

1. mit je einer festangebrachten elektrischen Einrichtung,
2. mit einer auswechselbaren elektrischen Einrichtung,
3. mit einer drehbaren elektrischen Einrichtung,
4. mit einer festen elektrischen Einrichtung, aber beweglich angeordneten Öfen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß diese letzte Form am wirtschaftlichsten ist. Die Leerlaufzeit beträgt dabei 4 min. Anlagen dieser Art werden von William Swindelland & Brothers, Pittsburg, gebaut. Die beiden Öfen, Abb. 2, werden auf einer auf Rollen laufenden Drehscheibe einander gegenüberliegend angeordnet. Während der eine Ofen unter Strom steht und das Metall in ihm schmilzt, kann der andere geleert, ausgemauert und beschickt werden. Dann wird die Scheibe um 180° gedreht. Der zweite Ofen wird unter Strom gesetzt und der erste geleert usw. Die Elektrodenhalter sind senkrecht beweglich an Trägern angeordnet, die ihrerseits an dem Hallengerüst befestigt sind.

[M 13] Gw.

Abb 2. Elektrische Schmelzofenanlage mit zwei beweglich angeordneten Öfen.

Gießereifachausstellung in Milwaukee.

Anläßlich der Hauptversammlung der amerikanischen Gießereifachleute vom 13. bis 16. Oktober 1924 war, wie üblich, eine Fachausstellung veranstaltet, die sich bei der großen Teilnehmerzahl (über 5000) eines regen Besuches zu erfreuen hatte. Wie die Berichte in den amerikanischen Fachzeitschriften[2]) hervorheben, konnte wiederum eine gute Weiterentwicklung des amerikanischen Gießereimaschinenbaues festgestellt werden, was bei den für die Mechanisierung der Gießereibetriebe besonders günstigen Verhältnissen in den Vereinigten Staaten nicht verwunderlich ist. Den weitaus größten Raum nahmen die Formmaschinen ein. Bei ihrer Vervollkommnung war das Bestreben vorherrschend, ihre Leistungsfähigkeit durch selbsttätige Nebeneinrichtungen zu erhöhen, die arbeitenden Teile möglichst sanddicht einzukapseln und ihre Bauarten kräftiger zu gestalten.

Es fehlte wohl keine der auch nur einigermaßen bekannten Sonderfabriken. In großen Zügen läßt sich aus den Berichten entnehmen, daß die Druckluftmaschine drüben endgültig den Sieg über die Druckwassermaschine errungen hat. Bis auf einige wenige Abhebevorrichtungen größerer Maschinen, die mit Druckwasserzylindern arbeiteten, waren durchweg nur Druckluftformmaschinen zu sehen. Besonders kleinere und mittlere Größen waren ausgestellt, für die als Abhebevorrichtungen je nach der Art der Formen Wendeplatten oder Durchziehrahmen verwendet werden. Die meisten benutzen gleichzeitig das Rüttel- und Preßverfahren bei höheren Formen, indem zunächst gerüttelt und dann nachgepreßt wird. Sämtliche Maschinen sind mit Vibratoren ausgerüstet, die häufig so eingerichtet sind, daß sie sich von selbst ein- und ausschalten. Bei einer Maschine war eine Vorrichtung zum selbsttätigen Absetzen der abgehobenen Form auf ein Förderband bemerkenswert. So weit wie möglich sind die Maschinen fahrbar eingerichtet. Auch einige elektrische Rüttler wurden vorgeführt. Man sah ferner Kernformmaschinen mit selbsttätiger Zuführung des Kernsandes und Abfuhr der gepreßten Kerne.

Bei den Sandaufbereitungen fand eine Einrichtung große Aufmerksamkeit, durch die dem Formsand künstlich Luft zum Zweck des Auflockerns zugeführt werden kann.

Bei den Beschickeinrichtungen für Kuppelöfen benutzt man elektrische Sonderkrane, mit denen niedrige zweiteilige zylindrische Füllgefäße vom Flur auf die Gicht gehoben und in den Schacht bis auf die Beschickung abgesenkt werden. Durch Drahtseilzug kann man die Verbindung zwischen dem Gefäßboden und dem zylindrischen Mantel lösen, so daß der Inhalt durch den entstehenden Ringspalt in den Ofen rutscht und sich beim Hochziehen des Füllbehälters gleichmäßig über den Schachtquerschnitt verteilt.

Das Sandstrahlgebläse, das sich in Amerika gegen das Rollfaß besonders in den Handelsgießereien noch nicht endgültig durchgesetzt hat, war mit verhältnismäßig wenig Ausführungen gegenüber den Putzfässern vertreten. Bemerkenswert waren auch hier die Bestrebungen, die Zu- und Abfuhr des Putzgutes zu mechanisieren und die Putzhäuser gut zu belichten. Schleifmaschinen mit biegsamer Welle, Druckluftwerkzeuge für Putzwerke, Abstechbänke, Kaltsägen und sonstige Werkzeugmaschinen in Sonderausführung für Gießereizwecke waren gleichfalls vielfach vertreten. Auch Schweißeinrichtungen fehlten nicht.

Bei dem Bestreben nach Mechanisierung ist es selbstverständlich, daß auch eine große Anzahl der verschiedensten Arten von selbsttätigen Förderern in Modell, Teilausführung und bildlicher Darstellung gezeigt wurden. Man versucht, soweit wie möglich, senkrechte Förderung zu verwenden, um an Grundfläche zu sparen. Erwähnung verdient hier die Vereinigung eines Kerntrockenofens mit einem senkrechten Förderer. Ihm werden die frischen Kerne auf der einen Seite des Ofens unten zugeführt, steigen nach oben und auf der andern Seite des Ofens wieder nach unten. Die Abmessungen des Ofens und die Fördergeschwindigkeit sind so gewählt, daß die Kerne auf diesem Wege getrocknet werden.

Mehrere Ausführungen elektrischer Schmelzöfen kleinerer Abmessungen zeigten die zunehmende Verbreitung dieser Ofenart, allerdings in erster Linie für Zwecke der Stahl- und Metallschmelzerei.

Viel gerühmt wird eine Legierung zum Beimengen in Kuppelofenbeschickungen zwecks Vergütung des Gußeisens, der man den Namen „Cupalloy" gegeben hat. Sie besteht aus Nickel, Chrom, Mangan und Aluminium, aus denen entsprechend den örtlichen Verhältnissen in verschiedenen Mischungsverhältnissen Briketts hergestellt werden. [N 34] Lohse.

Erzeugung von Eisenschwamm in Amerika.

Seit dem Jahre 1922 hat das Bureau of Mines zusammen mit der Universität Washington in der North-West Experiment Station und in Seattle (Washington) Versuche zur Erzeugung von Eisenschwamm unternommen. Über die berichten Clyde E. Williams, Edward P. Barrett und Bernd M. Larsen[3]): Die Ergebnisse mit einer Tagesleistung von 3 bis 4 t ermutigten zur Fortsetzung in größerem Maßstabe von 20 bis 100 t täglich. Man schickt ein fein zerkleinertes Gemisch aus 75 Teilen Kohle oder andern kohlenstoffhaltigem Material und 100 Teilen Eisenerz durch einen leicht geneigten, am unteren Ende mit Feuerung für Öl oder anderen

[1]) „The Iron Age" Bd. 114 1924 S. 999.
[2]) z. B. „The Iron Age" Bd. 114 (1924) S. 1063.

[3]) Reports of Investigation. Serial No. 2578, published by the United States Bureau of Mines. Vgl. auch Iron Coal Trades Rev. Bd. 109 (1924) S. 872.

Brennstoff versehenen Drehrohrofen. Das Gemisch wird in dem oberen, kürzeren und engeren Teile des Ofens von den flüchtigen Bestandteilen der Kohle befreit und auf 900° erhitzt, es gelangt dann in den unteren, längeren und weiteren Teil und wird dort rd. 1 h auf 900 bis 975° gehalten. Darauf wird es, vor Oxydation geschützt, aus dem Ofen entfernt, gekühlt und im magnetischen Scheider behandelt. Das so erhaltene metallische Eisen enthält nur kleine Mengen der aus dem Erze stammenden Gangart. Durch Vorschalten einer Zerkleinerungsanlage vor den Magnetscheider kann man das auch vermeiden. Die Rückstände bestehen aus unverbrannter Kohle, Asche und Gangart. Die Kohle wird auf Klaubtischen wiedergewonnen und der neuen Ofenbeschickung zugefügt.

Die Kosten der Herstellung dieses Verfahrens von Eisenschwamm hängen ab von den Preisen der Rohstoffe und von der Erzeugungsmenge. Für eine Tagesleistung von 20 t metallischen Eisens betragen die Kosten für 1 t metallischen Eisens 55 ℳ bei 63 000 ℳ Anlagekosten und 42 000 ℳ Betriebskapital.

Für eine Anlage mit einer Tagesleistung von 100 t metallischen Eisens, d. s. 125 t Eisenschwamm mit 80 vH metallischen Eisens, sinkt der Preis auf 50 ℳ. Da Kohle von 3 mm Korngröße oder weniger verwendbar ist, so kann man auf die in manchen Bergwerksbezirken in Überfluß vorhandene Feinkohle zurückgreifen. Kohle, die harten, dichten Koks bildet, macht Betriebschwierigkeiten und sollte vor der Verwendung teilweise verkokt und zerkleinert werden. Anthrazit hat schwächere Reduktionswirkung als bituminöse Kohle und Lignit und sollte mit 30 bis 50 vH dieser Brennstoffe gemischt werden. Zur Ofenbeheizung kann statt Öl auch Kohlenstaub je nach den örtlichen Verhältnissen, verwendet werden. Wie die Versuche auf der North-West Experiment Station zeigten, ist jedes Eisenerz brauchbar und mit Magnesit, hartem und weichem Hämatit, Limonit, gesintertem Hämatit, Pyritschlacken, Eisenxoydschlamm und Kupfer-Konverterschlacke wurden ähnliche Ergebnisse erhalten. Auf den Eisengehalt berechnet, ist die gleiche Menge Kohle, Öl und Arbeit zur Reduktion von 1 t Erz erforderlich. Aus der Feuerung stammender Wasserdampf und Sauerstoff wird durch die Berührung mit der heißen Kohle zur Beschickung unschädlich gemacht.

Der erzeugte Eisenschwamm ist sehr porös und hat eine große metallische Oberfläche. Er ist daher ein wirksameres Reduktionsmittel als Eisen in dichter Form, wie z. B. Stahlschrot und Eisenspäne. Eisenschwamm ist auch weitgehend verwendbar zur Fällung von Kupfer, Blei und anderen Metallen aus hydrometallurgischen Lösungen. Seine guten Eigenschaften gestatten auch, Auslauge- und Fällungsverfahren in größerem Umfange als bisher anzuwenden. Er kann auch als wirksamerer Ersatz für bisher in andrer Form bei manchen chemischen Verfahren zum Reduzieren gebrauchtes metallisches Eisen dienen.

Unzweifelhaft hat die Herstellung von Stahl aus Eisenschwamm theoretische Vorteile vor den sonst üblichen Verfahren. In Gegenden, die von den Hauptplätzen der Eisen- und Stahlindustrie abgelegen sind, und dort, wo Koks teuer und elektrische Kraft wohlfeil ist, bietet überdies die Erzeugung von Stahl und Roheisen aus Eisenschwamm im elektrischen Ofen wirtschaftliche Vorteile. Wahrscheinlich wird Eisenschwamm sich auch brikettieren und im Siemens-Martin-Ofen ohne allzu große Oxydation schmelzen lassen.

[N 31] Dr.-Ing. M. W. Neufeld.

Fördertechnik.

Pneumatische Förderanlagen.

In der Zeitschrift „The Engineer" vom 24. Januar 1924 berichten Professor W. Cramp und A. Priestley über ihre Versuche an einer pneumatischen Getreideförderanlage. Die Versuche wurden mit Unterstützung des Department of Scientific and Industrial Research an der Universität Manchester vorgenommen. Die Förderanlage stellte die Firma Robinson & Son Ltd. zur Verfügung. Die Versuche liegen bereits drei Jahre zurück; ein erster vorläufiger Bericht hierüber ist von der Royal Society of Arts im Jahre 1921 veröffentlicht[1]). Auch wird auf die Arbeit von M. Jennings verwiesen[2]). Einleitend beschreibt Cramp die Wirkungsweise einer pneumatischen Förderanlage und streift dabei die Vorgänge beim Einsaugen des Getreides in den Saugrüssel. Seine Betrachtungen und seine Versuche beschränken sich auf eine verhältnismäßig kurze, senkrecht nach oben gerichtete Förderleitung von 9 m Länge und 48 mm l. W. Er stellt zunächst eine einfache Gleichung zwischen den nach oben gerichteten Luftkräften und dem Eigengewicht des einzelnen Kornes auf, und zwar unter sehr vereinfachenden Annahmen, indem er die Reibung zwischen Luft, Fördergut und Rohr vernachlässigt, ferner von der Dehnung der Luft im Rohr absieht und das Volumen des Getreides gegenüber der Förderluft gering setzt. Er kommt zu dem Ergebnis, daß sich die Geschwindigkeit des Getreides nach Eintritt in die Förderleitung sehr rasch einem Grenzwert nähert, weil mit zunehmender Geschwindigkeit die auf das Korn beschleunigend wirkenden Luftkräfte quadratisch abnehmen. Der mathematische Ansatz wäre physikalisch wesentlich anschaulicher, wenn der Verfasser bei der Berechnung der auf das Korn wirkenden Luftkräfte den Begriff der „Schwebegeschwindigkeit" des Materiales eingeführt hätte. Als Schwebegeschwindigkeit wird allgemein diejenige Geschwindigkeit des aufsteigenden Luftstromes bezeichnet, bei der sich ein im Luftstrom befindliches Materialteilchen gerade im Gleichgewicht, d. h. in der Schwebe, befindet[3]). Cramp berechnet für eine Reihe verschieden langer Förderleitungen die erreichte Getreidegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der mittleren Luftgeschwindigkeit und stellt die Funktion zeichnerisch dar. Die Rechnungswerte prüft er durch den Versuch auf sehr einfache Weise nach. In die Förderleitung sind zwei Absperrschieber im Abstand l von einander eingebaut. Cramp stellt zunächst einen gewünschten Förderzustand her und mißt die sekundlich geförderte Getreidemenge G mittels einer Wage. Dann sperrt er plötzlich beide Schieber gleichzeitig ab und mißt die zwischen den Schiebern abgefangene Getreidemenge M. Wenn t die Zeit ist, in der das Getreide bei einer mittleren Geschwindigkeit v die Strecke l zurücklegt, so ist

$$M = G\,t \text{ und } v = \frac{l}{t},$$

also

$$v = \frac{l\,G}{M}.$$

Nach diesem Verfahren werden in 14 Einzelversuchen die theoretische und die gemessene Getreidegeschwindigkeit verglichen und bei Luftgeschwindigkeiten von 10 bis 20 m/s und Getreidegeschwindigkeiten von 2,5 bis 10 m/s eine leidliche Übereinstimmung gefunden. Die Versuche werden sämtlich beeinträchtigt durch die gar zu kurze Länge der Förderleitung, die nur 9 m beträgt, davon kommen wiederum nur 4,50 m als Meßstrecke in Frage.

Cramp wendet sich dann der Berechnung des zur Förderung einer bestimmten Getreidemenge erforderlichen Arbeitsaufwandes zu, der bekanntlich durch den Druckabfall in der Förderleitung und die hindurchströmende Luftmenge gemessen wird. Diese Arbeit wird gebraucht.

1. zur Beschleunigung der Luft,
2. zur Beschleunigung des Getreides bis zu ihrer Endgeschwindigkeit,
3. zur Überwindung der Reibung zwischen Rohr und Luft,

und

4. der Reibung zwischen Rohr und Getreide.

Diesen Ansatz bringt Cramp zwar in mathematische Form, man vermißt jedoch die erforderlichen planmäßigen Versuche, um die notwendigen Berechnungsunterlagen zu erhalten, bzw. um überhaupt die Einzeleinflüsse getrennt untersuchen zu können. Wir erfahren nichts über den wichtigen Verlauf des Druckabfalls in der Förderleitung, der Aufschluß über die tatsächliche Materialbeschleunigung und die Reibung gibt, nichts über den Zusammenhang zwischen Druckabfall und Mischverhältnis oder über die Abhängigkeit des Druckabfalls von der Fördergeschwindigkeit. Obwohl Cramp die Rohrreibung des längeren behandelt und auf frühere Versuche hierbei verweist, scheint ihm die Tatsache unbekannt, daß die Wandungen der Förderleitungen so poliert werden, daß man für die Berechnung des Druckabfalles die genügend bekannte Widerstandszahl des absolut glatten Rohres (Blasius u. a.) zugrunde legen kann[4]). Auf den Anteil, den die Reibung zwischen Getreide und Rohr am gesamten Arbeitsaufwand hat, geht Cramp leider nicht näher ein, obwohl dieser Verlust bei längeren Leitungen den Hauptanteil am Gesamtaufwand ausmacht. [M 811]

Eisenbahnwesen.

Die elektrischen Lokomotiven der französischen Südbahn.

Zur Ergänzung der über die Elektrisierungsarbeiten der französischen Südbahn[5]) veröffentlichten Mitteilungen bringen wir nunmehr die wichtigsten Angaben über die verwendeten Lokomotivbauarten. Die Südbahn verwendet Gleichstrom von 1500 V Spannung, der durch eine Kettenfahrleitung den Betriebsmitteln zugeführt wird. Es kommen drei Lokomotivbauarten zur Anwendung:

1. Bauart B + B mit vier Achsmotoren von je 250 PS Stundenleistung, Drehgestellokomotiven, die nichts besonders Erwähnenswertes bieten.

2. Bauart 2 C 2 mit drei Motoren von je 725 PS Stundenleistung mit senkrechter Welle. Jeder Einzelachs-Antriebsatz besteht aus zwei einander entgegengesetzt drehenden senkrecht gelagerten Motorankern, die mittels Kegelräder auf je ein besonderes Zahnrad arbeiten. Beide dicht nebeneinander liegende Zahnräder laufen konzentrisch zur Treibachse und sind mit dieser durch Hohlwelle und federnde Westinghouse-Kreuzgelenk-Kupplungen verbunden. Motorlager und Zahnradkasten haben Einrichtungen für dauernde Ölumlaufkühlung. Diese neue Antriebart, die zu-

[1]) Journ. Soc. Arts. Bd. 69 (1921) S. 287.
[2]) „The Electrician" vom 31. Dezember 1920.
[3]) Vergl. Gasterstädt, „Die experimentelle Untersuchung des pneumatischen Fördervorganges". Forschungsheft 265, herausgegeben vom V. d. I.
[4]) Vergl. Forschungsheft 265.
[5]) Z. Bd. 68 (1924) S. 270.

erst der Firma Constructions Electriques de Belgique in Brüssel patentiert worden ist, gestattet leichtes Ausbauen der Motoren, gute Zugänglichkeit zum Getriebe, hat infolge der Gegenläufigkeit der umlaufenden Motormassen keine Kreiselwirkung und ermöglicht eine hohe Schwerpunktlage der Lokomotive.

Eine ähnliche Anordnung wird demnächst auf den österreichischen Bundesbahnen eingeführt werden[1]). Nach Mitteilungen der französischen Baufirma ist eine Probelokomotive dieser Bauart vom Dezember 1923 bis März 1924 25 000 km gefahren. Die Fahrten hatten hinsichtlich der Erhaltung der Antriebe und des ruhigen Ganges der Lokomotive ein sehr befriedigendes Ergebnis.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S 239; s. a. Eisenbahnwesen, Sonderausgabe der Z., S. 114 (Berlin 1925, VDI-Verlag).

Zur Steuerung der Motoren (Reihen-Parallelschaltung mit drei Dauerfahrstufen, Stromrückgewinnung) dient eine ferngesteuerte Nockenschaltwalze. Die größte Fahrgeschwindigkeit mit einem 300 t-Zug auf 5 vT Steigung beträgt 100 km/h, oder 120 km/h mit einem 400 t-Zug in der Ebene. Die Motoren werden durch zwei besondere Motorlüfter gekühlt, die zwischen den drei Hauptdoppelmotoren eingebaut sind. Die Lokomotive hat nach den Enden zu zwei Scherenstromabnehmer mit je zwei Schleifbügeln und in der Mitte einen dritten als Aushilfe.

3. Eine Bauart 2 D 2 mit vier senkrechten Motoren in derselben Anordnung und je 800 PS Stundenleistung ist im Bau.

Sämtliche Lokomotiven stammen von der Compagnie des Constructions Electriques de France in Tarbes (Pyrenäen).

[N 39] A. Marschall.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Metallographie. Von W. Guertler. 2. Bd. 6. Heft. Die elektrische und thermische Leitfähigkeit. Von Dr. A. Schulze. 2. Lieferung S. 187 bis 559. Berlin 1924, Gebr. Bornträger. Preis Gm. 11,25.

In der ersten Lieferung seines Beitrages[2]) zum Handbuch der Metallographie von Guertler hatte Schulze die Leitfähigkeit der reinen Metalle behandelt. In der vorliegenden zweiten Lieferung werden die binären Legierungen besprochen. Während in der ersten Lieferung den Hauptinhalt die Mitteilung des Tatsachenmaterials bildete und die Theorie nur weniger Raum beanspruchen konnte, ist in der zweiten Lieferung das Umgekehrte der Fall. Der Zusammenhang der Leitfähigkeit und ihres Temperaturkoeffizienten mit der Konstitution der Legierungen ist der leitende Gedanke, wonach der Stoff gegliedert ist. Das ergibt sich schon aus der nachstehenden Übersicht der Kapiteleinteilung:

1. Die elektrische Leitfähigkeit und die Konstitution der Legierungen. 2. Die elektrische Leitfähigkeit mischkristallfreier oder heterogener Legierungen. 3. Das Gesetz von Mathiessen (betreffend den Temperaturkoeffizienten der Leitfähigkeit und seinen Zusammenhang mit der Leitfähigkeit). 4. Die elektrische Leitfähigkeit von Legierungen mit vollständiger Mischbarkeit im kristallisierten Zustande. 5. Die elektrische Leitfähigkeit von Legierungen mit begrenzter Mischbarkeit im kristallisierten Zustande. 6. Die elektrische Leitfähigkeit von Legierungen mit Verbindungsbildung im kristallisierten Zustande. 7. Die elektrische Leitfähigkeit der verdünnten Lösungen im kristallisierten Zustande.

Die Kapitel 1 und 2 sind rein theoretisch. In den übrigen Kapiteln wird erst die Theorie in klarer, ausführlicher und elementarer Darstellung erörtert, und es werden dann als Beispiele die in die Kapitel gehörenden Einzelfälle gebracht. Die Literatur ist hier mit derselben Vollständigkeit, Ausführlichkeit und Sorgfalt wie in der ersten Lieferung behandelt, unter Mitteilung von Zahlentafeln und Angaben aus dem Wortlaut der Originalarbeiten; das Zurückgreifen auf die Originalarbeiten wird deshalb meistens überflüssig. Auch die neueste ausländische Literatur ist berücksichtigt, so daß der Leser in dem vorliegenden Heft alles, was etwa bis zum Jahre 1923 über die Leitfähigkeit von Legierungen bekannt war, finden wird. Das letzte Kapitel behandelt den Einfluß geringer Verunreinigungen auf die Leitfähigkeit von Kupfer, Aluminium, Eisen usw.

Das vorliegende Heft füllt ausgezeichnet eine immer unangenehmer empfundene Lücke aus, und jeder, der sich praktisch oder theoretisch mit der Leitfähigkeit der Legierungen zu befassen hat, wird die Möglichkeit, die Gesamtheit unsrer Kenntnisse in einer sorgfältigen Zusammenstellung zu finden, begrüßen. In der Gesamtanlage wäre eine etwas stärkere Hervorhebung des Tatsachenmaterials, das in einem Handbuch an erster Stelle und nicht als Beispiele stehen sollte, erwünscht. [E 10] Masing.

Untersuchungen zur Klärung der Frage der elektrischen Verhüttung schweizerischer Eisenerze. Von Durrer. Herausgegeben von der Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Eisenerzlagerstätten. Düsseldorf 1924, Verlag Stahleisen. 48 S. m. Abb. Preis Gm. 5.

Die Anregungen zu den Untersuchungen sind durch die im Kriege geschaffenen Verhältnisse, insbesondere die Roheisennot, gegeben. Gegen Ende des Krieges wurde die obengenannte Studiengesellschaft ins Leben gerufen. Die Aufgabe war, zu prüfen, ob die schweizerischen Erze mit Erfolg im elektrischen Ofen verhüttet werden können. Diese Frage konnte nicht ohne weiteres bejaht werden; denn die elektrischen Hochofenbetriebe in Schweden verfügen über viel reichere Erze und verwenden auch größtenteils Holzkohlen statt Koks als Reduktionsmittel.

Die Untersuchungsarbeiten zergliedern sich in drei Teile: 1. Versuche zur Bestimmung der relativen Leitfähigkeit von Holzkohle und Koks im gehäuften Zustand. 2. Versuche zur Bestimmung der relativen Leitfähigkeit des in Betracht kommenden Möllers, 3. Verhüttungsversuche unter Anwendung des elektrischen Ofens.

[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 16.

Die ersten beiden Teile wurden im physikalischen Laboratorium der Aachener Hochschule von Professor Dr. Steubing und Dr. Kirschbaum, die unter 3. genannten Verhüttungsversuche vom Verfasser (Durrer) in dem Öhlerschen Eisen- und Stahlwerk auf Schweizer Boden ausgeführt.

Es sei noch erwähnt, daß die Tatsache, daß in Japan ein elektrischer Hochofen mit Erfolg in Betrieb gesetzt war, der nur Koks als Reduktionsmittel verwendete, in der Zeit der Versuche (1920) unbekannt war. Die Versuche im Aachener Laboratorium ergaben, daß sich Holzkohle und Koks ganz anders beim Erhitzen im Ofen verhält. Bei der Holzkohle tritt eine bedeutende Abgabe von Gasen auf; die Verteilung dieser Gase in der Kohle ruft die gute elektrische Leitfähigkeit hervor. Auch bei den Schmelzversuchen ergab sich, daß bei Holzkohlenzusatz der Ofen wesentlich heißer wurde.

Bei den Untersuchungen zur Bestimmung der Leitfähigkeit des Möllers zeigte sich, daß der Gesamtwiderstand vor und nach dem Abstich bedeutende Unterschiede aufwies. Zwei schweizerische Erze wurden untersucht, u. zw. in jedem Fall unter Verwendung von Koks und dann von Holzkohle. Der elektrische Ofen war ein Einphasenofen von 450 kW mit senkrechter Elektrode und einem topfförmigen Herd, aus Elektrodenkohle aufgestampft.

Die gute Entschwefelung wird besonders hervorgehoben. Der Verfasser gibt einen Ausblick, der dahin geht, daß die elektrische Verhüttung der schweizerischen Erze gerade bei einem hohen Schwefelgehalt und einem hohen Kieselsäuregehalt gute Dienste leisten wird. Auf die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens geht der Verfasser nicht ein.

Jedenfalls macht die gründliche und ausführliche Arbeit einen sehr günstigen Eindruck. Sie wird ihren Zweck erfüllen und wird auch allen denjenigen, die sich dem Studium des elektrischen Schmelzbetriebes widmen müssen, von Nutzen sein, da sie wichtige Zahlen und Hinweise an die Hand gibt. [E 994] Osann.

Die neueren Methoden der Festigkeitslehre und der Statik der Baukonstruktionen. Von Heinrich Müller-Breslau. 5. durchgesehene Auflage. Leipzig 1924, Alfred Kröner. 484 S. m. 321 Abb. Preis geh. Gm. 12, geb. Gm. 14.

Nach nahezu elfjähriger Pause hat sich der Verlag Kröner entschlossen, das altbewährte, jedem Bauingenieur aus der Vorkriegszeit bekannte, insbesondre jedem Statiker vertraute grundlegende Werk neu aufzulegen. Da das Werk seit längerer Zeit vergriffen war, ist die Neuauflage im Interesse aller, die das wertvolle Buch noch nicht besitzen, sehr zu begrüßen; denn heute ist, ebenso wie zur Zeit der früheren Auflagen, das Buch als unentbehrlich für den Gebrauch in der Praxis, wie für das Studium des angehenden Statikers zu bezeichnen.

Der Inhalt ist fast unverändert geblieben. Es braucht deshalb bei der Verbreitung der früheren Auflagen darauf nicht im einzelnen hingewiesen zu werden. Außer Druckfehlerberichtigungen ist zu erwähnen, daß der Formel für die Knickfestigkeit eines Gitterstabes ohne Querriegel eine andre, zweifellos zweckmäßigere Form gegeben worden ist. Den eingehenden Untersuchungen des Verfassers über die Knickfestigkeit und einseitig gedrückte einteilige und gegliederte Stäbe, die in der vorigen Auflage als willkommene Vermehrung des Inhalts hinzugekommen waren, ist jetzt in einem neuen Schlußkapitel ein zweites Verfahren zur Berechnung einseitig gedrückter Gitterstäbe mit Querriegeln hinzugefügt worden. Dieses Verfahren ermöglicht, die Biegungsmomente zu bestimmen, ohne daß die Durchbiegungen vorher berechnet werden. Wie das früher behandelte Verfahren wird auch dieses zweite an einem Zahlenbeispiel durchgeführt. Die Momente und die Knickbedingungen sind für verschiedene Feldzahlen berechnet

worden, wobei sich von einander wenig abweichende Werte der Momente ergeben. Der Verfasser hebt am Schluß hervor, daß es sich nur um einen Vergleich mathematischer Zahlen handelt, daß sich bei kleinen Feldzahlen Knicklasten ergeben, die nicht nur außerhalb der Proportionalitätsgrenze liegen, sondern selbst die Bruchlasten überschreiten, und daß die Berechnung der Knicklast eines Gitterstabes nur für größere Felderzahlen praktischen Wert hat.

Einer besonderen Empfehlung bedarf dieses Werk selbstverständlich nicht. [E 866] Bu.

Der praktische Eisenhochbau. Von Alfred Gregor. 2. Bd. Kranlaufbahnen. Berlin 1924, Hermann Meußer. 187 S. m. Abb. Preis Gm. 6,20.

Dem ersten Bande seines groß angelegten Werkes, der als Einleitung die Grundzüge der mathematischen und Festigkeitsberechnungen, die verschiedenen Bauvorschriften und. auf den eigentlichen praktischen Eisenhochbau übergehend, Niete und Schrauben, Pfetten, Binder und Träger behandelt, hat Gregor jetzt einen Band über Kranlaufbahnen folgen lassen. Das aus der Praxis für die Praxis geschriebene Buch bietet mehr als eine statische und konstruktive Behandlung dieses wichtigen Teiles des Werkstatt- und Hallenbaues. Ohne große Voraussetzungen wird eine leicht verständliche, klare Anweisung zur Berechnung von Vollwand- und Fachwerkträgern — vom Balken auf zwei Stützen bis zum fünffach und beliebig oft gestützten Träger — und von unterspannten Trägern mit Hilfe von Einflußlinien gegeben. In ebenso vorzüglicher Weise führt der konstruktive Teil von den einfachsten bis zu den schwierigsten Bauarten. Die vielen Ausführungsbeispiele und besonders die Abbildung und Besprechung von Fehlern sind geeignet, ein gutes Konstruktionsverständnis hervorzurufen. Das Buch ist aber auch für Fachleute von Wert, denen die zahlreichen Zahlentafeln für Einflußlinien, die Tafeln über Hauptmaße, Eigengewichte und Raddrücke der verschiedensten Hebezeuge und Krane und die Konstruktionsbeispiele sehr willkommen sein werden. Druck und Abbildungen sind sehr gut, einige Werkstattzeichnungen sind allerdings zu stark verkleinert. Man darf dem angekündigten dritten Band über Fachwerkwände, Stützen, Fundamente usw. mit Interesse entgegensehen. [E 928] Becker.

Aufgaben aus dem Wasserbau. Von Dr.-Ing. Otto Streck. Angewandte Hydraulik. 40 vollkommen durchgerechnete Beispiele. Berlin 1924, Julius Springer. 362 S. m. 133 Abb., 35 Zahlentaf. und 11 Taf. Preis Gm. 11,40.

Das Buch ist aus der Tätigkeit des Verfassers als Assistent an der Münchener Technischen Hochschule auf Grund von Aufgaben des praktischen Wasserbaues entstanden. Es ordnet deshalb den Stoff vom einfacheren zum schwereren etwa nach Art einer Hydraulikübung. will aber auch dem Techniker durch einfache mathematische Behandlung zugänglich sein. Es soll kein Lehrbuch und keine Formelsammlung sein und verzichtet deshalb bewußt auf Vollständigkeit in den Rechenverfahren, in den Beiwerten, die immer noch eine große Rolle in der praktischen Hydraulik spielen, und im Aufgabenkreis. Trotzdem ist es außerordentlich vielseitig und eine ganz vortreffliche Einführung und auch zum Selbststudium wohl geeignet. Zunächst sind einzelne hydrostatische Aufgaben behandelt: Kräfte auf ebene und gekrümmte Flächen, Schwimmfähigkeit und Stabilität von Körpern. Sodann folgt als Hauptteil die Behandlung hydrodynamischer Aufgaben: Auswertung einer Abflußmengenmessung, Berechnung von offenen und geschlossenen Querschnitten, Aufstellung von Linien der Abflußmengen (die bald Schlüsselkurven, bald Konsumptionskurven genannt werden), Druckhöhenverluste und Kräfte in Rohrleitungen, Berechnungen von Flußquerschnitten mit Berücksichtigung der Schleppkraft, ferner Stau und Senkung, Untersuchung von Hebern, schießende und strömende Wasserbewegung, veränderliche Wasserbewegung, Ausfluß aus Öffnungen und schließlich gewässerkundliche Aufgaben. [E 75] R. Seifert.

Zeittafel zur Wirtschaftsgeschichte. Von A. Sartorius v. Waltershausen. 2. Aufl. Halberstadt 1924, H. Meyer. 111 S. Preis geb. Gm. 2.80.

Verlag. 111 S. Preis geb. Gm. 2.80.

Der Verfasser, ein angesehener Wirtschaftshistoriker, hat sich ein Verdienst dadurch erworben, daß er gleichsam im Telegrammstil in chronologischer Aufeinanderfolge auf rd. 100 Seiten die Entwicklung der Wirtschaft kurz geschildert hat. Daß hierbei die Technik manchmal etwas kurz weggekommen ist, erklärt sich vielleicht aus der Schwierigkeit, zuverlässige Angaben über die Geschichte der Technik zu erhalten. Aus der Schreibweise technisch-industrieller Namen und aus manchen irrtümlichen Jahreszahlen sieht man, wie notwendig es wäre, den Geschichtsschreibern der Wirtschaft wirklich zuverlässiges Material zur Verfügung zu stellen. Das vorliegende kleine Buch wird auch den Ingenieuren in der deutschen Industrie willkommen sein. Manche seiner Angaben kann man sonst nur mit Mühe in großen Werken finden. [E 87] C. M.

Eisenbahnwesen. Die Eisenbahntechnische Tagung und ihre Ausstellungen 1924. Sonderausgabe der Zeitschrift des V. d. I. Berlin 1925, VDI-Verlag. 393 S. m. 853 Abb. und 8 Tafeln. Preis Gm. 28.

Aufgaben aus der Technischen Mechanik. 1. Bd. Von Wittenbauer-Pöschl. 5. Aufl. Berlin 1924, Julius Springer. 281 S. m. 640 Abb. Preis Gm. 8.

Die theoretischen und experimentellen **Grundlagen des neuen Wärmesatzes.** Von W. Nernst. 2. Aufl. Halle 1924. Wilhelm Knapp. 232 S. m. 21 Abb. Preis geh. Gm. 12, geb. Gm. 13.50.

Leitsätze für TWL-Lichtbilder (TWL-Blatt 1143). Herausgegeben von der Technisch-Wissenschaftlichen Lehrmittelzentrale, Berlin NW 87, Sickingenstr. 24. 3. Ausgabe, Oktober 1924. Preis Gm. 0.40.

Das Blatt, auf starkem Papier gedruckt, enthält die von Dr. Lasche aufgestellten Regeln für die Ausführung von Diapositiven (Glaslichtbildern), abgeändert und erweitert auf Grund der Erfahrungen, die inzwischen bei der TWL und den mit ihr zusammenarbeitenden Körperschaften und Industriefirmen gesammelt wurden. Eine Zahlentafel gibt die Schriftgrößen und Strichstärken für verschiedene Formate der Vorlagezeichnung.

Praxis des Radioamateurs. Von K. Schönbauer und A. Zeemann. Bd. 1: Der Bau eines Kristalldetektorenempfängers, eines Audionempfängers und eines Röhrenempfängers mit Rückkopplung. Wien und Leipzig 1924, Hartleben. 96 S. m. 80 Abb. Preis Gm. 2.50.

Bibliothek des Radioamateurs. Herausg. v. Eugen Nesper. Bd. 3: **Schaltungsbuch für Radioamateure.** Von Karl Treyse. Berlin 1924, Julius Springer. IX, 49 S. Preis Gm. 1.50.

Bibliothek des Radio-Amateurs. Herausg. v. Eugen Nesper. Bd. 10: **Wie lernt man morsen?** Von J. Albrecht. Berlin 1924. Julius Springer. 38 S. m. 6 Abb. Preis Gm. 1.35.

Tage der Technik 1925. Von Franz Maria Feldhaus. München und Berlin 1925, R. Oldenbourg. Preis Gm. 4.50.

Leitfaden zum graphischen Rechnen. Von Rudolf Mehmke. 2. verm. u. verb. Aufl. Wien u. Leipzig 1924, Franz Deuticke. 183 S. m. 144 Abb. Preis Gm. 5.

Betriebsstillegungen und Betriebseinschränkungen. Einschlägige Entscheidungen, zusammengestellt von Fr. K. A. Rose. Düsseldorf 1924, Industrie-Verlag und Druckerei. 96 S. Preis geb. Gm. 6.

Deutscher Werk-Kalender 1925. Deutscher Werbeverlag Carl Gerber K.-G. München. Zusammengestellt v. Maximilian Krauß. Preis Gm. 2,50.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

NR. 8 SONNABEND, 21. FEBRUAR 1925 BD. 69

Werkzeugmaschinen I.

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 256.

Neue Wege zum Fabrikationserfolg.

Von Prof. Dr.-Ing. Georg Schlesinger, Charlottenburg.

Vorgetragen am 17. Januar 1925 in der Mitglieder-Versammlung des Vereines Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken.

Bauart und Herstellung der normalen Werkzeugmaschinen — Sondermaschinen — Werkstätten zur Herstellung von Werzeugmaschinen — Normung — Verwendung der Werkzeugmaschinen — Grundlagen der Leistungsfähigkeit — Gesenkgießen — Nachprägen von Schmiedestücken — Transportanlagen — Arbeiterfragen — Erziehungsfragen — Werbung und Zeitschriften — Schlußfolgerungen.

Das Zentrum der amerikanischen Werkzeugmaschinenindustrie liegt in den Neu-England-Staaten: New Jersey, Connecticut, Rhode Island, Massachusetts, Vermont; eine zweite Zone bildet der Staat Ohio im Norden mit Cleveland, im Süden mit Cincinnati, und ihre stärkste Verwendung finden die Werkzeugmaschinen in Detroit, der gewaltigen Zentrale der amerikanischen Automobilindustrie. In den 30 ersten Fabriken habe ich den amerikanischen Werkzeugmaschinenbau nach Konstruktion und Ausführung studiert; eine erwünschte Ergänzung boten die Ausstellungen in New-Haven vom 15. bis 18. September und in Boston vom 22. bis 25. September 1924, wo 150 amerikanische Werkzeug- und Werkzeugmaschinenfirmen vertreten waren. In 40 Fabriken für Automobile, Eisenbahnfahrzeuge, elektrische und Landmaschinen bin ich der wirklichen Anwendung, Ausnutzung und Wertung der Werkzeugmaschinen durch den Verbraucher nachgegangen.

Im folgenden habe ich den Versuch gemacht, die Reiseergebnisse in gedrängter Form zusammenzufassen.

Als Ergänzung dient Heft 1 der „Werkstattstechnik" 1925. Dort habe ich die beiden genannten Ausstellungen absichtlich sehr ausführlich beschrieben, um neben wirklich Neuem eine Übersicht dessen zu geben, was der Amerikaner auf seinen Jahresausstellungen als der Darbietung würdig erachtet, auch wenn die Neuerungen manchmal nur Kleinigkeiten sind. Ein Abriß der weit fortgeschrittenen amerikanischen Technik der Vorbehandlung, Vergütung und Härtung von Werkstoffen ist bereits in Heft 23 der „Werkstattstechnik" 1924 abgedruckt.

Unter Hinweis auf diese ausführlichen Fachberichte kann ich mich im folgenden auf die wichtigsten allgemeinen Richtlinien beschränken.

Abb. 4. Horizontalschleifmaschine.
Von den hier dargestellten Kugellagerringen werden 630 Stück in der Stunde von beiden Seiten geschliffen. Die Werkstücke werden beim Verlassen der Maschine bei *a* entmagnetisiert.

Konstruktion und Herstellung der normalen Werkzeugmaschinen.

Der konstruktive Fortschritt im amerikanischen Werkzeugmaschinenbau erstreckt sich im wesentlichen auf die Verstärkung sämtlicher Getriebeteile einschließlich des Gestelles; alle Gleitbahnen sind möglichst widerstandsfähig. In weitgehendem Maße wird der Kokillenguß, Abb. 1 (S. 198), verwendet, der eine dichte und naturgemäß schwerer zu bearbeitende Oberfläche erzeugt. Man vermeidet es aber, die Betten der Maschinen bei der Endbearbeitung stärkeren Erwärmungen auszusetzen, daher wird zum Schluß bei allen erstklassigen Firmen nicht gefräst, sondern gehobelt. Auch bei einer sonst ganz auf Fräsen eingestellten Firma, wie Cincinnati Milling, hält man den Zeitverlust durch das sogenannte „Altern" (seasoning) nach dem Fräsen für empfindlicher als die vielleicht mögliche Verbilligung der Arbeit durch das Fräsen. Gleichzeitig fürchtet man wohl auch harte Stellen, die dann die Schlichtfräser leicht völlig verderben, während man beim Schlichthobeln nicht so ängstlich zu sein braucht; denn beim Hobeln der Wege ist die Gefahr, Werkzeug zu verderben, nur gering, außerdem kann man die einfachen Hobelstähle leicht ersetzen.

Stählerne Räder, die zumeist vergütet, oft aber auch gehärtet und geschliffen sind, bilden die Regel; sie gestatten zugleich, entweder die Leistung, die man dem Getriebe zumutet, zu erhöhen, oder werden bei gleicher Leistung schmäler und kleiner. Einzelantriebe mit Rädern und Kupplungen herrschen noch immer vor; jedoch findet man heute wieder bei Drehbänken, Fräsmaschinen und Bohrmaschinen in manchen guten Fabriken parallel zum Räderkasten auch den Stufenscheibenantrieb, Abb. 2. Er ist stets billiger und für die hohen Geschwindigkeiten (Aluminium, Leichtmetall) besser geeignet. Das trifft

Abb. 1. Kokillenguß.
a Kokillenguß: sehr hartes Eisen, aller Kohlenstoff gebunden
b keinerlei Gußspuren
c weiches Eisen
d keine Wirkung der Kokille mehr.

besonders bei den Sondermaschinen für große Massenfabrikation zu, die unter Umständen nur mit einer einzigen Geschwindigkeit laufen, so daß das Getriebe bei der Sondermaschine für Massenerzeugung immer einfacher als bei der universalen Maschine ausfällt.

Die sonstigen Fortschritte der Konstruktion beziehen sich fast ausschließlich auf bequemere Bedienung im Gebrauch. Alle Handgriffe sind nach vorn gezogen, unmittelbar am Standort des Arbeiters unter rücksichtsloser Verlängerung der Hebel, deren Häufung am Arbeiterstandort nicht immer die beste Lösung ist, da wohl niemals ununterbrochener Wechsel im Vorschub oder in der Schnittgeschwindigkeit auch in der Universalwerkstatt vorkommt.

Abb. 3. Sondermaschinen für Automobilbearbeitung.
Oben: Vielfachbohrmaschine für Zylinder — Dauernd arbeitende Doppelfräsmaschine für Zylinder;
unten: Doppelfräsmaschine für Gehäuse — Dauernd arbeitende Vielfachfräsmaschine.

mit Räderantrieb

mit Stufenscheibenantrieb

Abb. 2. Werkzeugmacher-Drehbänke.

Im Getriebekasten herrscht das Verschieberad. Es hat bei allen ernsthaften Beanspruchungen das Schwenkrad nahezu verdrängt. Die schmalen, gehärteten Büchsenstahlräder, die auf angefrästen Flachfedern gleiten, sind bei dieser Konstruktion, die sich sehr eng baut, günstig. Die Bohrungen der Räder werden mittels der Räumnadel mit 4 bis 8 Nuten versehen.

Wie sich manchmal Konstruktionen dieser Art überschlagen, sah man an den Werkzeugmacher-Drehbänken, wovon mehrere in Boston ausgestellt waren: Pratt & Whitney, Lodge & Shipley, Hendey, American Tool Works hatten alle die Spindelkasten- und Vorschubantriebe mit einem ganz verwickelten Räderwerk versehen, so daß die Maschinen gleichmäßig im Preis sehr hoch stehen, obgleich es keiner Werkzeugmacherei möglich ist, etwa jedem Mann eine so verwickelte Maschine zu geben. Reibahlen, Fräser, Senker, Bohrstangen, Reduktionshülsen, Spannfutter, Lehren und dergleichen, die in der Werkzeugmacherei hergestellt werden, haben z. B. entweder gar keine oder nur wenig Gewinde, also braucht man dazu keine verwickelten Vorschubrädernester für zöllige und metrische Steigungen. Auch macht man auf einer und derselben Maschine kaum alle Arten von Werkzeugen durcheinander. Kommt man aber in der Werkzeugmacherei zu einer regelrechten Fabrikation, so wird man immer Sondermaschinen aufstellen. Hier hat also die Übertreibung als eine Art Mode nur eine erhebliche Verteuerung der Arbeitsmaschinen zur Folge gehabt, ohne Nutzen zu bringen.

In bezug auf die Ausführung sind die führenden amerikanischen Werkzeugmaschinenfabriken mustergültig. Die Werkstätten benutzen, auch wenn es sich um ganz alte

Fabriken handelt (Sellers), gute genormte Werkzeuge, Grenzlehren sowie Sonderwerkzeuge aller Art, die den Austauschbau sichern.

Gute Fabriken für kleine, mittlere bis zu ziemlich großen Maschinen (z. B. Gray) schaben heute noch alle Führungen ein, wenn auch gerade Gray nachweist, daß man schon durch Hobeln eine Genauigkeit erreicht (0,01 auf 300 mm), die man durch Schaben kaum erhöhen kann. Das Schaben sieht man in diesem Fall nur als Mittel zum Erzeugen einer ölhaltenden und gut aussehenden Fläche an; aber es wird stets ernsthaft geschabt und angerieben und nicht Kattun gemacht. Daß man Führungsflächen auf großen Flächenschleifmaschinen geschliffen hätte, habe ich nirgends gesehen; es herrscht aber Interesse für dieses in Deutschland schon an manchen Stellen erfolgreich angewendete Bearbeitungsverfahren, gerade weil man häufig den sehr harten Kokillenguß verwendet, den zu schlichten und zu schaben, erhebliche Kosten verursacht. Ganz alte Fabriken, wie Sellers und Norton, verfügen über einen besonders hochstehenden Arbeiterstamm, der ermöglicht, z. B. den Tisch für eine Hobelmaschine mit 5 m Durchgang und 15 m Hobellänge ohne Schabearbeit passend zu hobeln. In einzelnen Fabriken ist der Werkzeugpark so groß, daß für jedes Stück Bohr-, Spann- und Fräsvorrichtungen mit den dazu nötigen Sonderwerkzeugen vorhanden sind und ausschließlich für dieses Stück verwendet werden. Nach meiner Meinung ist das übertrieben, da im Werkzeugmaschinenbau, auch in spezialisierten amerikanischen Fabriken, nicht die Erzeugungsziffern vorkommen, die so hohe Kapitalanlage rechtfertigen könnten. Auch in hochspezialisierten Fabriken fand ich höchstens Vorrataufträge über 20 bis 50 Maschinen auf einmal.

Abb. 5. Vielfachdrehbank mit zwei Werkzeugschlitten nebst Werkstück.

Die Entwicklung der Automaten geht heute in der Richtung der mehrspindligen Maschine. Cleveland baut z. B. neben seiner einspindligen heute vierspindlige, National Acme, New Britain statt der vierspindligen fünf- und sechsspindlige. Durch Verwendung bester Lagerstoffe (gehärteter Stahl auf hochwertiger Bronze oder gehärteter Stahl auf gehärtetem Stahl, Preßölschmierung usw.) sucht man die Drehzahlen dieser Maschinen auf ein Höchstmaß zu steigern, und durch weitgehende Verwendung von eingefrästen Federn hat man bei großer Sicherheit die Durchmesser der Spindeln verkleinert, um die Reibungsverluste zu verringern.

Abb. 6. Beispiele für die Anwendung von Preßluft:
oben: zum Kühlen des Werkzeugs — zum Spannen bei einer Drehbank.
unten: zum Spannen bei einem Maschinenschraubstock — zum Antrieb einer Stanze — zum Spannen bei einer Drehbank.

Sondermaschinen.

Bei den Sondermaschinen gibt es eigentlich keine Grenze in Anforderung und Erfüllung; der Konstrukteur drüben weiß, daß, wenn die Maschine befriedigt, hundert oder mehr Maschinen bestellt werden, so daß sich die Arbeit, z. B. Mehrfachbohrmaschinen, Dauerfräsmaschinen, Abb. 3, Dauerschleifmaschinen, Abb. 4 (S. 197), zu entwerfen, in allen Fällen lohnt. Wenn man diese Maschinen in Tätigkeit sieht, hat man das bestimmte Gefühl, daß Arbeitschnelligkeit, Hochleistung, Genauigkeit für schwerste Schnitte und stärkste Materialsorten bis zum äußersten gesteigert sind.

Die Revolverbank mit hintereinandergeschalteten Drehzeiten ist nicht mehr schnell genug, sie ist aus den Automobilfabriken vielfach geradezu verschwunden und hat der Vielfachschneidmaschine, Abb. 5, wegen deren außerordentlichem Erfolg in der Zeitverringerung (bis 1 : 20) Platz gemacht. Den Geschwindigkeitsunterschied infolge der starken Durchmesserstufung sucht man durch Verwendung allerbesten Schnellstahls auszugleichen, da auch Chrom-Nickelstahl noch 40 bis 50 m/min Schnittgeschwindigkeit zuläßt. Man begnügt sich dann bei den kleinsten Durchmessern mit 10 bis 15 m/min. Trotzdem bleiben die Maschi-

Abb. 7. Herstellung der Stellit-Werkzeuge (rohe Stangen von verschiedenem Querschnitt — Abtrennen — Rückenwinkel — Schleifvorgänge — Form der Schneide).

nen an sich allgemein verwendbar, sind sehr schnell (½ bis 1 Stunde) umstellbar und nur das Werkzeug ist spezialisiert, aber leicht auswechselbar. Schnellspannen ermöglicht die vorzüglich ausgebildete Preßlufteinrichtung, Abb. 6, hohe Schnittgeschwindigkeiten das Stellitwerkzeug, Abb. 7 und 8, wenn es sorgfältig behandelt wird und richtig hergestellt ist. Schnittgeschwindigkeiten von 120 bis 300 m/min sind dabei möglich und nötig, falls man die Schneide vor Stößen (harten Stellen) schützen kann, die meisten Werkzeugmaschinen lassen jedoch so hohe Drehzahlen garnicht zu; sie müssen erst konstruiert werden. Ich glaube aber, daß hierin die deutschen Klopstock-Stähle das Rennen machen werden. Ihre Schneide besteht aus Schnellstahl, sie ist schnittgerechter herstellbar, das ganze Werkzeug ist besser den Stößen gewachsen und viel billiger.

Die Arbeit der Schleifmaschinen richtet sich in der amerikanischen Massenerzeugung nur auf das Herstellen einer vorzüglichen Oberfläche, während man die Schrupparbeit auf wesentlich roheren Maschinen (Drehbänken, Fräsmaschinen), aber auch schon auf 0,1 mm genau zu erledigen trachtet, so daß der hohe Genauigkeitsgrad der überaus empfindlichen Schleifmaschine dauernd erhalten bleibt und sichere Grundlage für die unbeschränkte Massenfabrikation z. B. in den Automobilfabriken von Ford, Chevrolet, Buick, Dodge u. a. m. verbürgt.

Von besondrer Bedeutung für den gesamten Maschinenbau sind Sondermaschinen für die Räderbearbeitung, für deren Genauigkeit die Vorschriften für das Tellerrad einer Kraftwagen-Hinterachse, Abb. 9, ein gutes Beispiel sind; in wichtigen Fällen werden noch höhere Anforderungen gestellt, z. B. für die Teilung 0,02 mm = rd. 1/1000 Zoll. Bei noch größerer Genauigkeit muß der gehärtete Zahn geschliffen werden und hierfür, auch für Kegelräder mit Bogenzähnen (Kreisform), stehen die notwendigen Maschinen bereits auf den Versuchsständen. Die Sorgfalt, womit Räderwälzmaschinen für Stirn-, Schrauben-, Schnecken- und Kegelräder entworfen werden, ist außerordentlich groß, obschon die Maschinen in der Leistungsfähigkeit, die eben von der Massenfabrikation des „billigen" Automobiles herkommt, gegen früher bedeutend gesteigert sind. Die Massenerzeugung ist nur möglich, wenn man sehr genaue Räder sehr schnell herstellen kann. Daher die starken Gestelle, die kräftigen Wellen, der Ersatz der losen Keile durch angefräste Federn, die Abgleichung des Räderzuges, die Vermeidung von V-Prismen (Spannungen!) und das Fehlen unnützer Nachstellvorrichtungen, die manchmal zwar den Verkauf erleichtern, immer aber die Arbeitsgenauigkeit vermindern.

Abb. 8. Anwendungen der Stellit-Werkzeuge (Drehstahl, Hobelstahl, Fräser, Ausbohrwerkzeug, Messerköpfe, Fräsköpfe).

In der gleichen Richtung wie das Schleifen gehärteter Zähne liegt das Polieren vorgeschliffener oder geräumter Zylinderbohrungen beim Automobilmotor; auch hier gilt die Regel, daß die Vorarbeit schon so genau sein muß, daß der Poliermaschine und ihrem überaus fein durchgebildeten ausdehnbaren Werkzeug nur noch das Fortnehmen der „Haare" zugemutet wird.

Was ich in den Werkzeugmaschinenfabriken gesehen habe, war durchweg Arbeit ersten Ranges nach Konstruktion, Ausführung und Preis (!). Der Amerikaner ist daran gewöhnt, gute Werkzeugmaschinen teuer zu bezahlen, die Kosten der Einrichtung für die Fabrikation spielen für ihn bei den Massen, die er erzeugt, eine untergeordnete Rolle. Maschinenfabriken, die in Güte und Konstruktion nachgelassen haben, leben zwar auch noch, aber kümmerlich, und sie werden die ersten sein, die bei der in Gang befindlichen Zusammenlegung verschwinden werden.

Werkstätten zur Herstellung von Werkzeugmaschinen.

Die Vorrichtungen, Lehren und Geräte sowie die Bearbeitungsmaschinen waren, wie schon oben erwähnt, in der Mehrzahl der besichtigten Fabriken überraschend gut. Die Einrichtungen der Amerikaner, um austauschbar und schnell zu erzeugen, sind bei

Lodge & Shipley, Jones & Lamson, Gleason, Geometric Tool usw., derartig durchgebildet, daß auch bei kleinem Geschäftsgang, wie zurzeit, auf den Kopf des Arbeiters eine sehr hohe Tagesleistung herauskommt.

Diese außerordentlichen Leistungen hat die Nachkriegszeit angeregt, deren ganz übertriebener Bedarf die Fabriken unnatürlich aufgebläht hat; das rächt sich heute schwer. Im Jahre 1921 gab es noch 348 Fabriken, Abb. 10, während zwei Jahre früher 403 mit einer Gesamtarbeiterschaft von 40 bis 50 000 Mann vorhanden waren. Die Zahlen stammen aus einer nichtamtlichen Statistik. In dem schwarzen Jahr 1921 waren höchstens 20 000 Arbeiter tätig geblieben; ebenso ist der Wert der Erzeugung wesentlich zurückgegangen, während der Wert des verbrauchten Materials im Durchschnitt natürlich noch gestiegen ist. Dabei sind die Gehälter auf gleicher Höhe geblieben, weil man die Beamten nicht in dem gleichen Maße wie die Werkleute abbauen konnte und wollte. Der Gewinn ist verschwunden und hat sich in starken Verlust verwandelt.

Nach der Größe, gemessen an der Arbeiterzahl und an der Leistung, sind die Fabriken eingeteilt, Abb. 11, in solche zu 20, 100, 500, 1000 und über 1000 Leuten. Den Löwenanteil an der Erzeugung haben die großen Fabriken, nicht nur infolge ihrer Größe, sondern auch wegen ihrer vorzüglichen Einrichtung. Erst das Jahr 1921 brachte das Aufwachen aus einer verhängnisvollen Selbsttäuschung; auch Amerika kann seine Industrie ohne die kontinentalen Verbraucher, in erster Linie Deutschland und dann das durch Deutschlands Arbeit aufzurichtende Rußland, nicht am Leben erhalten. Einzelne Fabriken, z. B. Jones & Lamson, haben sich sogar auf fortschreitenden Zusammenbau (progressive assembly), allerdings nicht auf der Kette, eingestellt, obschon sie auch in der Höchstkonjunktur nur 5 bis 6 Maschinen täglich herstellen.

Diese Fabrik, Abb. 12, ist ein kennzeichnendes Beispiel von Fabrikation und Organisation, das auch für Deutschland verhältnismäßig gut brauchbar ist. Die Maschinenbetten werden auf Wagen zusammengebaut, rücken in der Längsrichtung vorwärts, während in der Querrichtung die Gruppen oder Einzelteile herangeführt werden, die parallel zum Hauptlängsschiff in einem vorgelagerten Längsschiff für Teilbau zusammengebaut worden sind. Auch die Bearbeitung der Einzelteile ist nicht, wie üblich, nach Arbeitsverfahren: Hobeln, Fräsen, Bohren usw., sondern nach Gegenständen eingeteilt, und dabei hat die Betriebsleitung ausgerechnet, daß sie weniger Platz und weniger Maschinen braucht als früher, wo man die üblichen nach Arbeitsverfahren getrennten Werkstätten hatte.

Abb. 12. Fluß des Werkstoffes und Herstellung nach Gegenständen bei Jones & Lamson.

In der Fabrik wird immer für zwei Monate der Plan für die Arbeitsfolge („routing") ausgelegt und unverändert beibehalten, solange die täglich zu liefernde Maschinenzahl gleich bleibt. Dann wird nach Bedarf wieder umgestellt. Dadurch gestaltet sich auch die Berechnung überaus einfach, weil man schon weiß, wieviel die einzelnen Maschinen bei Tageserzeugungen von 2 bis 10 fertigen Maschinen, unter Berücksichtigung der Einzelakkorde, leisten können, und jetzt nichts mehr nachzuprüfen braucht als das Verhältnis der festgesetzten Tagesleistung zu den Akkordziffern. Die Unkostenzuschläge allerdings werden immer neu nachgeprüft.

Die **Arbeitsführung** wird heute in den meisten Fabriken von einem Arbeitsbureau (planning, routing) geleitet, auch in verhältnismäßig kleinen Fabriken, wo allerdings der Zusammenhang zwischen Arbeitsführung und Abrechnung, wenigstens in der Vollendung, fehlt, die sie in einzelnen deutschen Fabriken zum Vorteil der Erzeugung und der Preisgestaltung erreicht hat.

Die **Bauart der Fabriken** hängt in hohem Maße vom Alter der Werkstätten ab. Die meisten neuen Werk-

Bearbeitungstoleranzen		Härtetoleranzen	
A Außendurchmess.	+0,00 —0,14	A Außendurchm., Überm.	+0,076
B Rückenlänge	+0,00 —0,05	K Rückenfläch.-Unebenh.	+0,076
C Bohrung	+0,025 —0,00	C Bohrung, unrund Übermaß	+0,076 +0,13
D Zahnbreite	+0,00 —0,25		
E Winkel d. Ergänzungskegels	± 15′		
F Winkel d. Zahnkeg.	+0′ —8′	F Winkel d. Zahnkegels	+0′ —8′
Übermaß des Abstand v. d. Grundfl. G bis Scheitelp. v.	H 0,013 F 0,05	bei Schafträdern, Übermaß des Schaftes an Lagerstelle	0,025

Abb. 9. Toleranzen in mm für Gleason-Schraubenkegelräder.

	1919	1921
Anzahl der Fabriken . .	403	348
Anzahl d. Lohnempfänger je Fabrik	132	61
Wert der Erzeugnisse je Lohnempfänger	G.M. 15 996	G.M. 12 716
Verbrauchtes Material je Lohnempfänger . . .	4 444	4 500
Zuschläge je Lohnempfg.	11 552	8 216
Gezahlte Löhne je Lohnempfänger	4 984	4 740
Gezahlte Gehälter je Lohnempfänger . . .	1 360	2 252
Rest für andere Ausgaben, Steuern und Gewinne .	5 208	1 224

Abb. 10. Vergleich der 1919 und 1921 gezählten Werkzeugmaschinenfabriken.

Abb. 11. Werkzeugmaschinenfabriken, Statistik von 1919.

Abb. 13. Neue amerikanische Fabrikanlagen.

stättenanlagen sind ebenerdige Bauten oder Hallen mit anstoßenden Galerien für die Kleinbearbeitung. Sie liegen meist am Rande der Städte, wo der Bodenpreis nicht ausschlaggebend ist. Die Neuanlagen von Le Blond, Cincinnati Milling, Cincinnati Bickford, Bullard, Monarch, Abb. 13, sind gute Beispiele dafür, während die älteren Fabriken, die kleine und mittlere Maschinen bauen, z. B. Brown & Sharpe, beim Hochbau verblieben sind. Das hat aber mit der Güte der Fabrikationseinrichtung nichts zu tun. Kennzeichnend dafür ist die alte Fabrik von Gray, die, abgesehen von der Einrichtung der Einzelantriebe, seit 50 Jahren unverändert geblieben ist, aber ganz Hervorragendes in Konstruktion und Ausführung leistet, sowie die noch ältere Fabrik von Sellers, wo sich insbesondere der Werkzeugpark auf zeitgemäßer Höhe befindet, während die Räume dunkel und baulich geradezu schlecht eingerichtet sind. Als Hebe- und Fördermittel herrscht, wo immer möglich, der Laufkran, der sogar in dem gewaltigen Lagerhof von Ford, Abb. 14, die Be- und Entladung der Eisenbahn und die Verteilung der Güter auf die schräg angeordneten Vorbauten der einzelnen Stockwerke leicht, übersichtlich und billig vornimmt.

Einzelne Fabriken haben neben einem alten Holzbau unmittelbar anstoßend den ganz neuzeitlichen Betonbau aus der Kriegszeit, der aber unbenutzt ist, weil die Beschäftigung dafür fehlt und seine Neueinrichtung augenblicklich zu hohe Kosten verursachen würde, ein Zeichen dafür, daß auch der Amerikaner heute gezwungen ist, alle nicht ganz nötigen Ausgaben sorgfältig zu vermeiden.

Der amerikanischen Werkzeugmaschinenindustrie ging es zur Zeit meines Besuchs vom 1. September bis 7. November 1924 recht schlecht. Ich habe in Deutschland manchen Geschäftsstillstand miterlebt, aber Zustände wie drüben noch nicht. Einige bedeutende Werke lagen praktisch still, andre hatten kaum ein Drittel der Belegschaft, und nur ganz vereinzelte waren leidlich voll beschäftigt, das bezieht sich hauptsächlich auf Firmen, die Normalmaschinen bauen. Im Sondermaschinenbau lag es etwas, aber nicht erheblich besser, da die Kraftwagenindustrie, die Hauptabnehmerin, gezwungen war, sich ebenfalls auf etwa 50 bis 60 vH der Normalbeschäftigung einzuschränken.

Die sehr schlechte Geschäftslage kann nicht allein durch die Präsidentenwahl hervorgerufen sein. Diese spielt wohl eine Rolle, weil das Auftreten der dritten Partei, die als die sozialistische gilt, die Furcht erweckt hatte, daß ein Überraschungssieg der Arbeiter wie in England diese Partei ans Ruder bringen und damit das Geschäftsleben in Amerika erheblich stören könnte. Das hatte damals (Sept./Okt. 1924) die Folge, daß kaum noch ernstlich gekauft wurde. Automobilindustrie, Lokomotiv- und Wagenbau, Elektroindustrie, Landmaschinenbau, alle waren in einem Zustande, den sich auch Amerika nicht lange leisten kann.

Dabei war die Ernte der Farmer sehr gut und die Preise höher als jemals. Amerika verschickt nach dem Auslande so viel Mais und Weizen wie nie zuvor, aber die Farmer kaufen trotzdem wenig, und gerade von dieser Gruppe wird der Wiederanstoß des Geschäftslebens erwartet. Die Farmer sind auch die Hauptverbraucher von Automobilen, ihre Zurückhaltung lähmt alle andern; und in Amerika können täglich bis 15 000 Wagen hergestellt werden, davon allein in Detroit und Umgegend von rd.

15 Fabriken bis 13 000, d. h. Detroit kann in drei Tagen mehr Kraftwagen herstellen, als alle 90 (!) deutschen Kraftwagenfabriken im Jahre 1924 gebaut haben.

Normung.

Zu den organisatorischen Mitteln für das Heben der Leistung gehört seit etwa zwei Jahren in ganz zielbewußter Weise die Normung der Grundelemente von Werkzeugmaschinen und Werkzeugen. Die Amerikaner haben die Normung im Werkzeugmaschinenbau in ähnlicher Weise wie wir aufgenommen. Es ist ein Hauptausschuß vorhanden, mit dem viele Unterausschüsse für die verschiedenen wichtigen Einzelteile zusammenarbeiten. In den Unterausschüssen sind erfahrenste Fachleute aus den Betrieben mit einigen Forschern zusammengeschlossen, so daß eine sachgemäße, wissenschaftlich begründete und von der Zustimmung der gesamten Industrie getragene Arbeit an den selbstgewählten Aufgaben gesichert ist.

Ich habe an vier Sitzungen solcher Ausschüsse teilgenommen und kann sagen, daß ernste Arbeit geleistet wird; einige führende Firmen fürchten allerdings, daß ihre zum Teil recht gut eingeführten Normen durch sachlich bessere verdrängt werden, so daß sie unter Umständen einen wirtschaftlichen Schaden erleiden; sie sind zwar ungern, aber im Interesse der Allgemeinheit gewillt, ihn zu tragen.

Bearbeitet werden zurzeit:

1. die Grenzlehren für zylindrische Passungen und für Gewinde unter Festsetzung der Sitze und der Gütegrade sowie die Grundlagen für den Entwurf zweckmäßiger Lehren.

2. Kleine Werkzeuge und Werkzeugmaschinen-Elemente, wie Stahlhalter und Stahlformen, Einspannvorrichtungen für Werkzeuge aller Art; Spannelemente für Werkzeugmaschinen, wie T-Schlitze, Spindelnasen, Werkzeugkegel, Fräsdornbefestigungen sowie alle kleinen Werkzeuge, die mit diesem Arbeitsgebiet verknüpft sind.

3. Zahnräder: Normung von Stirn-, Schrauben-, Pfeil-, Kegel- und Schneckenverzahnungen, Zahnform, Befestigung der Räder, allgemeine Radabmessungen, Schutzvorrichtungen, Auswahl des Baustoffes, Behandlung des Baustoffes (Glühen, Vergüten, Härten), Prüfung der Räderpassungen.

4. Transmissionen: Durchmesser der Wellen, zulässige Abweichungen für Wellenstahl, Arten und Abmessungen der Keile, Toleranzen für Keilstahl, Entwicklung von normalen Berechnungsformeln und Bestimmung der Größe einer Wellenleitung, Bolzenschrauben- und Nietabmessungen, ihre Bezeichnung, Wahl des Baustoffes, Normung der Abmessungen: Sechskant- und Vierkantschrauben, Bolzen und Muttern, geschlitzte Bolzenköpfe und Maschinenschrauben, Schloßschrauben, Sonderbolzen und dergl.

5. Stifte und Unterlegscheiben: Abmessungen der Kegelstifte, geraden Stifte, Splinte, Dübel, einfachen und Sicherheits-Unterlegscheiben.

6. Sicherheitsvorschriften für Schmirgelscheiben, Fuß-, Hand- und Kraftpressen, Schnitte und Stanzen, spanabhebende Werkzeugmaschinen und Werkzeuge, Wellenleitungen und Zubehör, für Arbeiter in den Gießereien, für Preßluftmaschinen und -werkzeuge, Fördermittel, Schmieden und Stanzereien, Scheren und Blechbearbeitungsmaschinen.

Gemeinsam mit den Elektrikern wird die Normung der Anschlußmaße für Motoren bearbeitet, insbesondere die Befestigung der Motoren auf Stellschienen, auf den Fußböden und an den Werkzeugmaschinen selbst, sowie der Wellenstummel zur Aufnahme der Riemenscheiben und Kupplungen.

Es spielen sich drüben, genau wie bei uns, sehr ausgedehnte und langwierige Verhandlungen ab, bevor eine neue Norm festgelegt werden kann. Der Gang der Verhandlungen und die Ergebnisse sind aber den bei uns eingeschlagenen Verfahren so ähnlich, und die Amerikaner haben unser Vorgehen als so sachkundig und zweckmäßig anerkannt, daß sie dringend wünschen, auf diesem wichtigen Gebiet dauernd mit uns zusammenzuarbeiten und einen Austausch herbeizuführen, der möglichst zu internationalen Vereinbarungen führen soll. Ich brauche nicht zu betonen, wie wichtig das technische Zusammengehen mit den Amerikanern für das Wohlergehen der deutschen Industrie ist. Hüben wie drüben wird eine sachgemäß durchgeführte Normung auf die Dauer als unerläßliche Erleichterung der Erzeugung angesehen.

Verwendung der Werkzeugmaschinen.

In bezug auf die Verwendung der Werkzeugmaschinen verdient die amerikanische Organisation der Maschinenindustrie alle Nachahmung in Deutschland und sorgfältigste Erwägung durch den Verband der deutschen Werkzeugmaschinenfabriken. Automobil-, Lokomotiv-, Elektromaschinen- und Landmaschinenwerke schaffen sich drüben ganz selbstverständlich nur die besten und leistungsfähigsten Maschinen an und erneuern dauernd ihren Park, um die Herstellung ihrer Erzeugnisse verbilligen zu können. Was man in dieser Beziehung in Detroit, Chicago, Lynn, Schenectady, Philadelphia, Pittsburgh usw. zu sehen bekommt, ist geradezu überwältigend.

Es wird lebensnotwendig für den deutschen Werkzeugmaschinenbau werden, die deutsche Maschinenindustrie nach dieser Richtung hin durch alle möglichen Hilfsmittel anzuregen: Reklame, Messen, Ausstellungen, vor allen Dingen Veröffentlichungen in den führenden Fachzeitungen. Darin sind die Amerikaner vorbildlich. Auch die Art, wie sie an Fremde und Wettbewerber Auskünfte erteilen, ist beispiellos. Trotzdem sie wußten, daß ich zum Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken in enger Beziehung stehe und das Ergebnis meiner Studien rückhaltlos in Deutschland bekanntgeben würde, haben sie mir

Abb. 14. Der Laufkran als Hebezeug und Fördermittel bei der Ford Motor Co., Detroit.

	Beförderungsmittel	Kraftquelle	Summe 1 + 2	Zahl der Fahrgäste	Gewicht für einen Fahrgast	Zahl der Fahrgäste für	Kosten
	kg	kg	kg		kg	je 1000 kg	M/t km
	1	2	3	4	5	6	7
	16		16	1	16	62,5	0,29
	9	454	463	1	463	2,1	2,35
	145	454	599	2	300	3,3	5,52
			170	1	170	5,9	
	79	170	249	2	125	8,0	0,81
			816	5	163	6,1	0,46
			1905	7	272	3,7	
			7870	33	238	4,2	
			18307	60	305	3,3	
			43319	60	723	1,4	
			4218	28	151	6,6	
			3730	25	126	8,0	
	515300	101600	616900	720	855	1,2	
			4600	51	90	11,1	
	552600	127000	679600	256	2650	0,37	
			2040	6	340	2,9	
	41275 *)		81200 **)	32	2530	0,4	

Abb. 15. Gewicht je Sitzplatz verschiedener Beförderungsmittel.

*) Konstruktionsgewicht. **) ausgerüstet für einen Flugbereich von 6440 km.

alle Auskünfte — manchmal allerdings Unterlagen zu treuen Händen — mitgegeben: Zeichnungen, Erfahrungswerte, Werkzeugeinrichtungen.

Das Streben der amerikanischen Industrie geht in allen Fällen und unverhüllt entweder dahin, Menschenkräfte überflüssig zu machen, oder mit den vorhandenen in der Zeiteinheit wesentlich mehr zu leisten, also billiger zu arbeiten. Als kennzeichnend seien die Entwicklung des Automobilbaues und die Wirkungsweise der Menschen sparenden Maschinen in der Landwirtschaft besprochen.

Es ist überaus wertvoll festzustellen, wie das gesamte wirtschaftliche Leben eines Landes durch die Entwicklung des selbsttätigen Förderwesens beeinflußt werden kann. In Amerika haben sich im letzten Jahrzehnt die Eisenbahnen fast gar nicht mehr entwickelt; sie sind sogar in einigen Staaten zurückgegangen und die Rentabilität der Eisenbahnen ist schwach. Der Wettbewerb des Automobils hat in einer ganzen Anzahl von Städten die privaten Eisenbahnen gezwungen, Automobil-Omnibuslinien aufzukaufen, um sie mit ihrem eigenen Fahrplan in Einklang zu bringen und ihre Rentabilität zu steigern.

Diese Entwicklung macht nunmehr ihren Einfluß auf die Bearbeitungsindustrie, insbesondere auf Eisen, Stahl, Werkzeug und Werkzeugmaschinen geltend, die zur Herstellung der Transportmittel nötig sind. Es ist zweifellos das größte Verdienst Fords, daß er für die weiten Gefilde Amerikas das Bedürfnis erkannt hat, mit Menschen und Gütern von Tür zu Tür zu verkehren, vielleicht, weil er selbst Farmer war und am eigenen Leibe verspürt hat, was es bedeutet, an die Eisenbahnhaltestellen mit Pferde- und Ochsenfuhrwerk heranzukommen. So entstand die Notwendigkeit des Automobils; mit dem Automobil der gutgepflegte Fahrweg und mit der Möglichkeit, viele Automobile zu erzeugen, das billige Automobil, so billig, daß es in Wettbewerb mit der Straßenbahn treten konnte, und nunmehr trat durch Erfüllung des Bedürfnisses der Einzelpersonen, an die Stelle des Luxusfahrzeuges das billige Gebrauchsfahrzeug, da Ford gleichzeitig erkannt hatte, daß nur mit dem Bedürfnis der Masse auch eine Massenherstellung verbunden werden kann.

Aus sich heraus tat Ford den entscheidenden Schritt, die Verkaufspreise so zu verbilligen, daß sich die Arbeiter in Amerika infolge ihrer hohen Löhne spielend ein Automobil für 295 Dollars, das ist der Preis des einfachsten Fordwagens, anschaffen konnten, und infolge der leichten Kaufbedingungen: wöchentliche Abzahlung von 6 Dollars, das sind 10 vH des Verdienstes eines geschickten Werkzeugmachers, war in einem einzigen Jahr der Wagen bezahlt.

Abb. 15 zeigt die Gewichte auf einen Sitzplatz für verschiedene Beförderungsmittel; sie betragen:

beim Fahrrad	16 kg
beim Motorrad	170 „
beim Motorrad mit Beiwagen	125 „
beim kleinen Auto	163 „
beim zweiachsigen Straßenbahnwagen	238 „
bei der Überlandstraßenbahn	723 „
beim Autoomnibus einfacher Art (ebensoviel wie beim Motorrad mit kleinem Beiwagen)	126 „
beim Autoomnibus mit Verdeck	90 „

Wenn man damit den normalen Schnellzug mit 855 kg und den Pullmanzug (mit Speise-, Rauch- und Damensalon) mit 2650 kg für den Sitzplatz vergleicht, so leuchtet ein, welche ungeheure Bedeutung der Automobilverkehr auch volkswirtschaftlich haben muß. Zum Schluß sind noch das Flugzeug mit 340 und das Luftschiff mit 2530 kg lediglich des Interesses wegen angegeben. Es ist kaum anzunehmen, daß in den nächsten zehn Jahren ein Massenverkehr in der Luft in demselben Maße wie mit dem Automobil auf der Erde eintreten wird; dazu sind die Bedingungen für den Führer des Fahrzeuges in der Luft sehr viel schwerer als auf der Erde.

Fast ein Drittel des Eisen- und Stahlbedarfs in Amerika wird von der Automobilindustrie verbraucht; damit hat unser Werkzeugmaschinenbau eine Anregung, was er tun muß, um aus eigenem Lebensbedürfnis das Automobilwesen in Deutschland nach Kräften zu fördern. Ich habe aus einer deutschen Quelle[1]) einen Überblick über die Anzahl der Personenkraftwagen herstellenden Fabriken in den verschiedenen Ländern und ihre Erzeugung entnommen, und in Abb. 16 den Bestand an Kraftfahrzeugen in den bedeutendsten Staaten der Erde zusammengestellt. Hier liegen offenbar noch außerordentliche Möglichkeiten für die Entwicklung vor, denen Hand in Hand mit den beteiligten Industrien nachgegangen werden muß.

In der zweitwichtigsten amerikanischen Industrie, der Landwirtschaft, hat die Zahl der beschäftigten Personen von 1910 bis 1920 um 2,6 Millionen abgenommen, Abb. 17. Die Leistung auf den Kopf ist von 690 auf rd. 910 Dollars gestiegen, so daß heute mit wesentlich weniger Menschen mehr erzeugt wird. Allerdings ist damit das Abwandern der in der Industrie überflüssig gewordenen Leute in die Landwirtschaft unmöglich geworden. Im Gegenteil, die Landwirtschaft stößt Leute ab, insbesondre da auch die kleinen Farmen den großen gegenüber unrentabel geworden sind, so daß man sie eingehen läßt. Dieses Absterben der Kleinen vollzieht sich auch auf dem Gebiete des Automobilbaues, und es ist nun die Frage, ob die wenigen übrigbleibenden Fabriken denselben oder größeren Bedarf an Werkzeugmaschinen haben als früher die vielen kleinen. Daß sich diese vielen aber nicht halten können, liegt auf der Hand, und es nützt nichts, sich gegen die natürliche Entwicklung zu sträuben oder sie aufhalten zu wollen.

Grundlagen der Leistungsfähigkeit.

Die große Leistungsfähigkeit aller amerikanischen Großfabriken hat infolge der ausgeprägten Massenfabrikation zwei Hauptursachen:

1. die gute technische Vorbereitung der Rohstoffe, Gußstücke und Schmiedestücke.
2. die großartige Durchbildung der Fördermittel zugleich mit der Gesamtorganisation, so daß ein ununterbrochenes Strömen des Materials vom Erz bis zum einbaufertigen Maschinenteil erreicht wird.

Gesenkgießen

Eine sehr wichtige Vorbedingung für schnelles und billiges Bearbeiten der Gußstücke ist ihre Herstellung in Gesenkformen, die von der Handarbeit der Arbeiter möglichst unabhängig sind. Diese Verfahren erstrecken sich heute vom gewöhnlichen Handgrauguß mit 3 bis 4 mm Zugabe bis zum feinsten Preßguß (Veeder) mit einer Gießgenauigkeit von 0,005 mm. Die Veeder-Form besteht aus gehärtetem Werkzeugstahl, die Form für Aluminiumguß aus Stahl, die Form für Messing- und Grauguß in der Regel aus einer gipshaltigen Sandmischung; sie wird nach jedem Guß zerstört, aber so genau und so leicht und schnell hergestellt, daß man auf die feste Abgußform verzichtet, dagegen die Mittel zum Herstellen immer neuer Formen besonders ausbildet.

Die Aluminium-, Messing- und Bronzegießerei nach dem Doehler-Verfahren liefert Teile, die auf 100 mm Länge nur um $^1/_{10}$ mm abweichen und bis zu 400 mm im Geviert groß sein können. Das Graugußverfahren nach Holley ist nur unwesentlich ungenauer. Er wird daher z. B. von den Ford-Werken für die Herstellung von Zubehörteilen: Vergasern und dergleichen, also für Teile bis 100 mm Größe, mit großem Vorteil verwendet; diese Teile braucht man unter Umständen gar nicht zu bearbeiten, so genau kommen sie aus der Form. Außerdem kann man durch Eingießen von Büchsen, Zapfen, Rohrleitungen und dergleichen aus sehr festem Metall in Leicht- und Weichmetalle, Abb. 18 bis 20, überaus widerstandsfähige und billige Verbindungen für alle möglichen Fälle schaffen.

Die Amerikaner haben sich bei ihrem Massenbedarf diese in hervorragendem Maße wirtschaftlich, also verbilligend wirkenden Verfahren zunutze gemacht. In Deutschland kennt man sie kaum. Wir werden also bereits bei der Beschaffung der Rohteile stark ins Hintertreffen gedrängt und müssen daher alle Anstrengungen machen, solche oder ähnliche wertvolle Verfahren zu benutzen, möglichst solche, die uns nicht den Amerikanern tributpflichtig machen, damit nicht der ganze Nutzen nach drüben fließt und wir zwar schneller, aber nicht billiger als früher erzeugen.

Abb. 16. Bestand an Kraftwagen und Krafträdern in 1000 Stück und Kurve der auf einen Wagen entfallenden Einwohner.

[1]) Motorwagen Bd. 27 vom 20. Dez. 1924 S. 732.

Abb. 17. Statistik über die Entwicklung der Landwirtschaft in den Vereinigten Staaten.

Die Doehler Die Casting Co. liefert zwischen 4 und 7 kg schwere Gußstücke, deren Legierungen je nach der Verwendung aus Zink, Aluminium, Zinn, Blei oder Kupfer als Hauptbestandteil zusammengesetzt werden.

Zink-Kupfer-Legierungen mit Zink als Hauptteil kommen bis auf 25 kg/mm² Zugfestigkeit bei 2 bis 2½ vH Dehnung (auf 50 mm) und bei kleinsten Wandstärken von 2,5 mm sowie ± 0,02 mm (auf 100 mm) Genauigkeit. Der Schmelzpunkt beträgt etwa 510 °C.

Abb. 21. Beispiele von Messingguß nach Döhler.

Aluminiumlegierungen mit Kupferzusatz kommen bis auf 20 kg/mm² bei 1 bis 2,5 vH Dehnung (auf 50 mm), Wandstärke bis zu 1,5 mm und Genauigkeit von ± 0,01 mm (auf 100 mm).

Aus Kupfermanganbronze werden bei 45 kg/mm² und 60 kg/mm² Druckfestigkeit, 20 vH Dehnung (auf 50 mm), Härte 100 und 510 °C Schmelzpunkt Stücke mit 7 kg Höchstgewicht, 1,3 mm kleinster Wandstärke und ± 0,02 mm Genauigkeit hergestellt. Dieser Baustoff ist so hochwertig, daß man stark beanspruchte Automobilteile, insbesondere Stirn-, Kegel- und Schneckenräder, Abb. 21, daraus herstellen kann. Die Abgüsse kommen so genau aus der Form, daß nur eine geringfügige Nachschabearbeit notwendig ist, um genaue, gebrauchs- und maschinenfertige Teile von Werkzeugmaschinen zu erhalten. Wenn diese Gußstücke auch, bezogen auf 1 kg Gewicht, teurer sind, so stellen sie sich nach Abzug der ersparten Löhne und vor allem des ersparten Rohgewichts dennoch so viel billiger, daß die Not auch uns gebieterisch zwingen wird, zu solchen Verfahren zu greifen.

Man muß sich heute daran gewöhnen, daß sich die Gesenkgießerei nicht mehr auf kleine Zählerwerke, Spielzeuge, Uhrwerke u. dergl. beschränkt, sondern auf 300 und 400 mm große Stücke ausdehnt, die für Bureaumaschinen, Haushaltgeräte, Sport-, Automobil-, Textil-, optische Vorrichtungen und Musikinstrumente in Frage kommen, und daß sich diese Gebiete um so stärker vermehren werden, je mehr man lernt, dabei Legierungen zu verwenden, die hohen Beanspruchungen auf Zug, Druck und Dehnung sowie hohen Temperaturen gewachsen sind und denen Wasser, Säure, Soda und Öl nichts anhaben können. Genügende Mengen von Fertigguß oder von geprägten Teilen kann man aber erst bekommen, wenn wenigstens 50 Stück täglich gebraucht werden, wenn sich also die Gesamtheit der deutschen Industrien zu einer durchgreifenden Normung ihrer Zubehörteile entschlossen hat. Daß das möglich ist, zeigt das amerikanische Vorbild. Fabriken, die solche Fertiggußteile bearbeiten, können auch Werkzeugmaschinen bester Art anschaffen. Wir müssen also den gesamten deutschen Maschinenbau organisieren, wenn die Werkzeugmaschinenindustrie auf einen grünen Zweig kommen soll.

[B 73] (Schluß folgt.)

Abb. 18 bis 20. Beispiele von Eingüssen in Leichtmetall.

Abb. 18. Lagerschild mit eingegossener Laufbüchse.

Abb. 19.

Abb. 20. Ölrohr eingegossen in ein Magnetgehäuse.

Neue Plandrehbänke und Stoßmaschinen.

Die Erfahrungen haben gelehrt, daß die Karussellbank zwar für Massen- und Reihenfertigung vorzüglich ist, aber sich im allgemeinen Maschinenbau nicht immer den vielfach wechselnden Werkstücken anpaßt und infolge ihrer für andre Zwecke zugeschnittenen Bauart für solche Arbeiten manchmal zu teuer wird.

Die Maschinenfabrik Ravensburg hat aus dieser Erkenntnis heraus die Verbesserung der Plandrehbank unternommen. Ihre Maschine von 1200 mm Planscheibendurchmesser hat auf jeder Seite der Planscheibe voneinander ganz unabhängige Supporte, die auf dem Maschinenbett mittels Handspindel verstellt werden können. Zwei genutete Wellen, die durch Exzenterschwingen angetrieben werden, betätigen bei beliebiger Stellung der Supporte über entsprechende Vorgelege das übliche Schaltwerk für Planzug in beliebiger Richtung. Für Langdrehen werden die Schlitten auf dem Bett festgestellt, während die Schaltung auf den Obersupport übertragen wird.

Die neue Stoßmaschine der Maschinenfabrik Ravensburg kennzeichnet sich durch ihren unmittelbaren Antrieb mittels Flanschmotors, der für Gleichstrom und Drehzahlregelung gebaut ist. Bemerkenswert ist ferner, daß der Stössel zum Stoßen schräger Flächen nach beiden Seiten um 12° verstellt werden kann. Die Anwendung einer Kurbelschleife mit Kulisse ergibt stark beschleunigten Rücklauf sowie fast gleichbleibende Schnittgeschwindigkeit auf die ganze Länge des Hubes. [N 148] Kl.

Bemerkenswerte Bauarten von Werkzeugmaschinen.

Von *F. W. Hülle, Dortmund.*

Neuere Senkrecht-, Dreh- und Bohrwerke, Fräsmaschinen, Sägen, Senkrecht-Planschleifmaschine und Hobelmaschinen. Hohe Leistungen werden erzielt durch kräftige Bauart der Einzelteile, besonders sorgfältig ausgebildete Führungen, fein abgestufte Antriebe, bequeme übersichtliche und sinnfällige Anordnung der Schalthebel weitestgehende Ausbildung einzelner Sondermaschinen.

Das neue senkrechte Dreh- und Bohrwerk der Mammutwerke, Nürnberg, Abb. 1, dessen größter Drehdurchmesser 1200 mm beträgt, ist für besonders starke Beanspruchungen gebaut. Der schwere Doppelständer ist mit dem Rundbett in einem Stück gegossen. Der Querträger ist sehr breit bemessen und nach hinten versteift. Der linke Werkzeugschieber läßt sich nach beiden Richtungen unter 45° einstellen, der rechte hat einen Fünfkant-Revolverkopf. Beide sind in der Steuerung voneinander unabhängig. Die Planscheibe von 1000 mm Dmr. wird von einer Einzelscheibe aus über Stufenräder angetrieben, deren Kasten als Ölbehälter ausgebildet ist. Der Wechsel der Geschwindigkeiten kann mit einem Handrad während des Betriebes vollzogen werden. Alle Vorschübe, Umsteuerungen, Schnellverstellungen der Werkzeugschlitten und die Winde für den Querbalken lassen sich mit bequem liegenden Handgriffen schalten.

Das Niles-Dreh- und Bohrwerk, Abb. 2, hat am Ständer noch einen Seitenschlitten mit Vierkantrevolver. Der Fünfkant-Revolverkopf des senkrechten Werkzeugschiebers hat eine besonders ausgebildete Verriegelung, welche die Arbeitsstellung des Werkzeuges gut sichert. Die Werkzeuglöcher sind mit Deckeln versehen, damit sich die Stahlhalter nicht festsetzen. Ein ausklappbarer Anschlag sichert den Werkzeugschlitten in der genauen Mittelstellung. Die Planscheibe hat 12 Geschwindigkeiten, die sich mit den beiden Handgriffen am Rundbett schalten lassen. Daneben sitzt der Ausrückhebel, der zugleich die Bremse der Maschine in Tätigkeit setzt. Schnellverstellung der Werkzeugschlitten und Hochwinden des Querträgers werden bei dieser Maschine von der Antriebwelle über eine senkrechte Welle abgeleitet, von der auch die sonstigen Selbstgänge entnommen werden.

Abb. 1. Senkrechtes Dreh- und Bohrwerk der Mammutwerke in Nürnberg; Planscheibe von 1000 mm Dmr.

Abb. 2. Senkrechtes Dreh- und Bohrwerk der Deutschen Nileswerke A.-G., Berlin-Weißensee.

Die Sächsische Fräsmaschinenfabrik, G. m. b. H., Chemnitz, hat an ihren allgemeinen Fräsmaschinen, Abb. 3, einige bemerkenswerte Einzelheiten angebracht. Das Kopflager der Frässpindel im Spindelstock, Abb. 4, s. Tafel 1, nimmt den Achsdruck mit den vorderen Druckringen a und b auf. Durch Anziehen der Ringmutter c kommen die Druckringe zum Anliegen. Mit der Ringmutter c_1 wird die Lagerschale nachgestellt und das Spiel zwischen Zapfen und Lager beseitigt. Die Bauart des Spindellagers ermöglicht daher, Längs- und Querschlagen der Spindel am Kopflager zu beseitigen. Das Schwanzlager läßt sich mit der Ringmutter c_2 von außen nachstellen und gestattet der Frässpindel, sich frei auszudehnen.

Beim Arbeitstisch, Abb. 5 bis 12, sind die einzelnen Schlitten mit Doppelkeilleisten gut geführt. Der Querschlitten Q hat eine breite, tiefe Wasserrinne, deren Rand in der Höhe der Aufspannfläche sauber gehobelt ist, damit man auch breitere Arbeitsstücke gut aufspannen kann. Schnelles Ausrichten der Werkstücke wird dadurch erleichtert, daß auch die Seitenflächen des Querschlittens gehobelt sind. Der Arbeitstisch hat Selbstgang nach drei Richtungen, der von der Stufenscheibe S, Abb. 4, hergeleitet wird. Der Vorschubriemen läuft daher stets mit hoher

Abb. 3. Allgemeine Fräsmaschine der Sächsischen Fräsmaschinenfabrik G. m. b. H., Chemnitz.

Geschwindigkeit und zieht gut durch. Im Vorschubräderkasten, Abb. 13 und 14, ist ein sechsfacher Vorschubwechsel möglich, den man durch Umsteckscheiben auf zwölffachen erhöhen kann. Das Räderwerk für die Selbstgänge des Arbeitstisches ist gegen Späne und Kühlwasser gut geschützt, Abb. 7.

Der Teilkopf, Abb. 15 bis 20, hat ausgeprägt starke Bauart und ist mit oben liegender Schnecke und Teilscheibe für das mittelbare Teilen versehen. Eine Eigenart dieses Teilkopfes ist, daß bei unmittelbarem Teilen — Schnellteilen — die Schnecke in Eingriff bleiben kann. Man kann daher nacheinander mittelbar mit der Teilkurbel auf der Teilscheibe und unmittelbar mit dem Schnäpper auf dem Lochkreis des Schneckenrades teilen, ohne jedesmal die Schnecke ausrücken zu müssen. Der Vorteil dieser Einrichtung ist, daß man auch Werkstücke mit zwei verschiedenen Teilungen fräsen kann, indem man die erste Teilung mit der Teilkurbel und gleich darauf die zweite mit dem Schnäpper einstellt. Die Möglichkeit des doppelten Teilens ist dadurch erreicht, daß das große Schneckenrad lose auf der Lagerbüchse sitzt und durch Schnäpper und Mitnehmerring die Teilspindel dreht.

Die Fräsmaschine der Mammutwerke, Nürnberg, Abb. 21 und 22, hat Einscheibenantrieb mit Ausrückern auf beiden Seiten des Ständers. Die Geschwindigkeit wird durch Verschieben der Zahnräder auf der Vorgelegewelle geändert, die sich nach den Regeln der Sinnfälligkeit leicht handhaben lassen. Die beiden Gegenhalter für die Aufnahme des Fräsdruckes sind unter 45° angeordnet, was eine sehr starre Verbindung ergibt. Dabei lassen sich Gegenhalter, Lagerraum und Lagerschild schnell lösen, verschieben und festklemmen. Die acht Vorschübe des Arbeitstisches werden auch bei dieser Maschine durch einen schnelllaufenden Riemen unmittelbar von der Antriebwelle abgeleitet. Der Querschlitten läßt sich augenblicklich umsteuern, ohne daß man ihn vorher zu verschieben braucht. Die größeren Maschinen haben am Winkeltisch Stützsäulen.

Eine Neuerung der Mammutwerke ist die Vereinigung von wagerechter und senkrechter Fräsmaschine, Abb. 23 und 24. Hier ist der Ständer oben als Führung für den Ausleger eingerichtet, der am Kopf den senkrechten Fräs-

Abb. 21 und 22. Fräsmaschine der Mammutwerke, Nürnberg.

el-

Klemmgriff für die Teilspindel

Teilkurbel für mittelbares Teilen

Wechselräderantrieb für den Teilkopf.

rieb
sen

Schnäpper für unmittelbares Teilen

Mitnehmer

Teilspindel

Ansichten des Teilkopfes.

h_2

h_1

Abb. 19.

Abb. 20.

Abb. 23 und 24. Vereinigung von wagerechter und senkrechter Fräsmaschine der Mammutwerke.

schlitten trägt. Man kann daher auf der Maschine senkrechte Fräsarbeiten ausführen, die verschiedene Ausladungen der Frässpindel erfordern und wofür der übliche an der Gleitbahn des Ständers festgespannte Fräskopf nicht genügt. Die Maschine erinnert an eine ältere Stoßmaschine für sperrige Werkstücke. Am Winkeltisch hat die Fräsmaschine die oben erwähnten Stützsäulen, mit denen man den Tisch festklemmt. Scheren, Stützen und dergleichen, die den Arbeitstisch wenig zugänglich machen, fallen dadurch fort. Die drei Selbstgänge des Tisches haben Eilrückbewegungen, die viel Zeit sparen. Zum Stillsetzen der Maschine dienen an beiden Seiten Ausrückhebel und vorn ein Fußbügel, womit man die Bewegung der Spindel augenblicklich abbremsen kann.

Für Werkstätten der Feinmechnik ist die Wagerechtfräsmaschine von Händel & Reibisch, Dresden, bestimmt, Abb. 25. Damit man auch Stirn-, Schnecken- und Schraubenräder nach dem Wälzverfahren schneiden kann, wird die Maschine mit einem Fräskopf ausgerüstet, Abb. 26 und 27, dessen Spindel sich auf den jeweiligen Winkel einstellen läßt. Auf den Querschlitten wird ein Rundfrästisch aufgesetzt, der dem zu fräsenden Rade die Wälzbewegung erteilt, während der Vorschub durch den Winkeltisch erzeugt wird.

Abb. 25 bis 27. Wagerechtfräsmaschine von Händel & Reibisch, Dresden, mit Fräskopf für Wälzarbeiten.

Abb. 28 und 29. Wagerecht-Bohr- und Fräsmaschine der Mammutwerke, Nürnberg.

Abb. 30 und 31. „Hako"-Säge von Händel & Reibisch.

Abb. 32 und 33. Hochleistungssäge von Händel & Reibisch.

Senkrechtfräsmaschinen eignen sich wohl am besten für den Einzelantrieb, indem man den regelbaren Gleichstrommotor auf dem Ständer neben der Spindel anordnet. Bei dieser Aufstellung des Motors braucht man nur wenige Räder, so daß der mechanische Wirkungsgrad sehr günstig ist. Die Drehzahl der Frässpindel wird mittels eines im Ständer eingebauten Anlaßreglers eingestellt, der auch die Maschine stillsetzen kann. Der Anlaßregler wird von zwei Stellen aus mit Handrädern bedient. Das Handrad auf der Bedienungsseite der Maschine hat einen Anzeiger für die Schnittgeschwindigkeit, woran man jederzeit überprüfen kann, ob die Maschine wirtschaftlich ausgenutzt wird. Dieser Anzeiger besteht im wesentlichen aus Meßringen, wovon der mittlere drehbar ist und auf einer Zahlenreihe die Schnittgeschwindigkeit angibt. Er trägt noch zwei Marken für das Arbeiten mit und ohne Vorgelege. Auf dem äußeren Meßring sind die Fräserdurchmesser eingetragen. Man stellt zuerst die Vorgelegemarke auf den Durchmesser des Fräsers ein und dreht hierauf das Handrad mit seinem Zeiger auf die Schnittgeschwindigkeit des Werkstoffes. Dabei wird ohne weiteres die zugehörige Widerstand-

Abb. 34. Senkrecht-Flächenschleifmaschine von Händel & Reibisch.

stufe des Anlaßreglers eingeschaltet. Zum Nachprüfen der Geschwindigkeit dienen die Drehzahlen, die auf dem inneren Meßring verzeichnet sind. Die Schalter für den Hauptantriebmotor und für die Pumpe nebst den Sicherungen sitzen auf einer versenkt eingebauten Schalttafel, die einen Steckkontakt für eine Handlampe trägt. Alle Geräte und Leitungen liegen geschützt innerhalb der Maschine. Am Strommesser kann man jederzeit den Stromverbrauch ablesen.

Eine neue Ausführung der wagerechten Bohr- und Fräsmaschine der Mammutwerke, Nürnberg, Abb. 28 und 29, hat eine 60 mm-Bohrspindel, die sich mit dem Bohrschlitten an einem Ständer senkrecht verstellen läßt. Mit der Bohrspindel wird durch eine Verbindungswelle zugleich das Gegenlager am Nebenständer fluchtend eingestellt. Die Maschine hat Einscheibenantrieb. Der Hebel *h* dient zum Wenden der Drehrichtung und zum Ein- und Ausrücken, während die Hebel h_1 und h_2 die zwölf Geschwindigkeiten schalten. Die Vorschübe werden durch Schalthebel am vordern Vorschubräderkasten geschaltet, wovon der größere Hebel auch die Eilbewegung nach allen Richtungen einrückt. Die Selbstgänge des Arbeitstisches lassen sich von der Schloßplatte aus mit dem Handgriff steuern. Der Rundtisch ist in vier Arbeitsstellungen genau schwenkbar.

Je wertvoller der Werkstoff ist, desto mehr muß man beim Zerlegen der gezogenen oder gewalzten Rohstangen auf möglichst geringe Stoffverluste achten. Dies setzt bei den Bügelsägen ein dünnes, widerstandfähiges Sägeband mit besonders guter Führung voraus. Bei der Hako-Säge von Händel & Reibisch, Dresden, Abb. 30 und 31, hat der Sägebügel *b* Schwalbenschwanzführung in dem im Lager *a* schwingenden Schild *s*. Mit dem verschiebbaren Gewicht *g* läßt sich der Druck auf das Sägeband bis zu 2 kg, bezogen auf einen Zahn, regeln und fast ganz aufheben, wenn dünnwandige Rohre zerschnitten werden. Der Sägebügel hat als Antriebmittel eine Hubkurbel, die vom Motor aus durch zwei Rädervorgelege gedreht wird. Die Säge, die mit Wasser gekühlt wird, arbeitet auf Zug. Eine Ölpreßpumpe hebt sie beim Rücklauf vom Werkstück ab. Die reichliche Kühlung macht es möglich, die Maschine mit 150 bis 160 Uml./min arbeiten zu lassen.

Bei der Säge, Abb. 32 und 33, ist der Sägebügel *b* mit einem Schwalbenschwanz am Kopf des Pendelarms *a* geführt. Der Sägedruck wird hierbei durch das Gewicht der

a b Rundtisch aus- und eingefahren.
A, B, C Dreipunktlagerung.

Abb. 35. Verbindung des Ständers mit dem Kastenbett der Senkrecht-Flächenschleifmaschine, Abb. 34.

pendelnden Teile erzeugt. Im Antrieb der Säge ist eine zweite Geschwindigkeit vorhanden, indem man beim Zerschneiden von Werkstoffen mit mehr als 65 kg/mm² Festigkeit ein Vorgelege einschalten kann. Mit einem einfachen Paccoschalter wird die Maschine in Betrieb gesetzt, bis sie sich nach beendetem Schnitt selbsttätig stillsetzt. Stellt man den Schalthebel auf der Schaltscheibe an der Tischplatte auf „Heben", so hebt sich der Sägebügel vom Werkstück ab, stellt man ihn auf „Senken", so senkt sich der Sägebügel langsam auf das Arbeitsstück, und stellt man den Schalter auf „Wirken", so beginnt die Säge zu arbeiten. Dabei hebt sie sich beim Rücklauf ab. Die Maschine hat eine vierfach wirkende Ölpumpe, womit man die Belastung des Sägeblattes durch Einstellen eines Hebels auf einer Schalttafel genau regeln kann.

Bemerkenswert in der Bauart ist die senkrechte Flächenschleifmaschine von Händel & Reibisch, Dresden, Abb. 34. Damit die Schleifscheibe erschütterungsfrei arbeitet, ist der Schleifschlitten und insbesondere der Schleifkopf außergewöhnlich schwer bemessen. Durch die selbsttätige Vorschubsteuerung wird der Schleifschlitten zugestellt und durch einen Anschlag wird die Zustellbewegung ausgeschaltet. Das Maß der Zustellung kann man auf einem Sperrad mit Maßteilung bis auf 0,005 mm Genauigkeit ablesen. Für größere Wege ist eine Schnellzustellung des Schleifschlittens vorhanden, die sich mit einem Handgriff einschalten läßt und den Schlitten mit 1,35 m/min nach beiden Richtungen bewegt. Die große Riementrommel für den Antrieb der Schleifspindel ist sorgfältig ausgewuchtet. Die Spindel läuft unten nahe der Schleifscheibe in einem nachstellbaren Bronzelager mit selbsttätiger Schmierung. Den Spindeldruck nimmt ein großes Kugellager mit Selbsteinstellung auf. Oben ist die Spindel ebenfalls in Kugeln in einem Spur- und Traglager mit Selbsteinstellung gelagert. Zum Ausrichten dient ein verstellbarer Druckring auf dem Spindelschwanz, der sich auf eine Reihe von Druckfedern stützt. Er wird mit einer Kraft angezogen, die das Gewicht der an der Spindel hängenden Teile um etwa 150 kg übersteigt, so daß das Spurlager stets unter Druck steht. Spiel und etwaige Dehnungen der Spindel werden daher durch diese Lagerung selbsttätig ausgeglichen.

Die Schleifspindel erhält ihren Antrieb durch einen Leitrollenriemen vom Deckenvorgelege. Beachtung verdient die Verbindung des Ständers mit dem Kastenbett, Abb. 35. Der Ständer ist nämlich in drei Punkten gelagert, so daß man die Schleifscheibe genau parallel zum Spannfutter ausrichten kann. Es ist daher nicht nötig, den Schleifschlitten abzubauen, wenn sich die Spindellager oder die Schlittenführungen abgenutzt haben und dadurch die

Abb. 36. Schraube zur Verankerung der Gewindebüchsen am Kastenbrett, Abb. 35.

Abb. 38 und **39.**
Anordnung des Steuerschiebers.

Abb. 37.
Tischhobelmaschine von Louis Soest & Co., Reisholz b. Düsseldorf.

r Rücklaufriemen, h_1, h_2 Hobelriemen.
Abb. 40 bis **43.** Wirkungsweise des Steuerschiebers.

genaue Einstellung der Scheibe gegen das Futter gestört ist. Die Dreipunktlagerung bei A, B, und C wird in der Weise erreicht, daß der Ständer auf drei großen nachstellbaren Gewindebüchsen ruht, die durch starke Schrauben, Abb. 36, am Kastenbett verankert sind. Durch Lösen der Schraube und Drehen der Gewindebüchse läßt sich jede Lagerstelle für sich einstellen. Die hintere Gewindebüchse hat einen besonderen Maßstab, woran man den Ständer auf $^1/_{100}$ mm genau ausrichten kann. Die Dreipunktlagerung gibt auch die Möglichkeit, den Ständer nach vorn oder nach hinten zu neigen, so daß man konkav und konvex schleifen kann, z. B. Kreissägeblätter, Fräser usw.

Der Drehtisch der Maschine hat ein Magnetfutter. Damit er ruhig läuft, wird er in der Mitte durch die starke Hauptspindel und am Umfang durch eine Rundbahn von 650 mm Dmr. geführt. Die Rundführung ist in ihrem ganzen Umfange durch acht Kanäle unterbrochen und läuft ständig in Öl. Die Stromzuführung liegt wasser- und staubdicht im Innern des Tisches. Der Rundtisch ist ausfahrbar, so daß man die Arbeitstücke außerhalb des Schleiffeldes auflegen und abnehmen kann, s. Abb. 35. Der Antrieb des Tisches erfolgt von einem Vorschubgetriebe aus mit acht Geschwindigkeiten, deren Drehzahlen zwischen 5 und 46 Uml./min liegen. Die Steuerung enthält eine Reibkupplung, womit man das Magnetfutter augenblicklich einrücken und stillsetzen kann.

Die Tischhobelmaschine von Louis Soest & Co., Reisholz bei Düsseldorf, Abb. 37, hat den Riemenantrieb auf der linken Maschinenseite, so daß der Hobler gefahrlos arbeiten kann. Der Tisch häuft mit zwei Schnittgeschwindigkeiten und einer gleichbleibenden Rücklaufgeschwindigkeit. Die Umsteuerung des Tisches ist durch DRP Nr. 369 401 geschützt. Ihre Eigenart ist der Steuerschieber s, Abb. 38 bis 43; seine Steuernuten haben Weichen, die sich durch zwei Weichenschieber w_1 und w_2 mit einer Handkurbel während des Rücklaufes öffnen und schließen lassen. Dadurch wird ermöglicht, daß die Maschine immer nur mit einem einzigen Hobelriemen läuft, während der andere auf der Losscheibe liegt. In Abb. 40 hobelt der Tisch mit dem Hobelriemen h_1, dabei liegt h_2 auf der Losscheibe, in Abb. 41 läuft der Tisch schnell zurück. In Abb. 42 und 43 spielen sich die gleichen Vorgänge mit dem Hobelriemen h_2 ab.

Abb. 45. Hobeln bogenförmiger Verzahnung.

Abb. 44. Keilnutenziehmaschine von Schuchardt & Schütte, Berlin.

Die Keilnutenziehmaschine von Schuchardt & Schütte, A.-G., Berlin, Abb. 44, ist für mehrfach zu nutende Teile, wie Schieberäder und Kupplungen, gebaut. Sie soll die teuren und leichtbrüchigen Räumnadeln ersetzen, die man nur noch zum Nachziehen braucht. Bei dieser Maschine ist die Aufgabe dadurch gelöst, daß der Rundtisch mit $^1/_4$, $^1/_6$, $^1/_8$, $^1/_{12}$ und $^1/_{24}$ Kreisteilung versehen ist. Der Formstahl in der Messerstange arbeitet ziehend nach unten und hebt sich beim Hochgehen ab. Dabei schaltet die Maschine den Tisch um eine Teilung weiter. In der Arbeitstellung wird der Tisch durch eine genau geschliffene Rastenscheibe und durch nachstellbare Schnappbolzen jedesmal gesichert. Sobald die Nuttiefe, die man mit einer Schraube fein einstellen kann, erreicht ist, schaltet die Maschine den Vorschub aus. Die Schnittgeschwindigkeit läßt sich durch Wechselräder dem Werkstoff anpassen.

Abb 46 bis **48.** Kegelrad-Hobelmaschine der Sächsischen Fräsmaschinen-G. m. b. H., Chemnitz, zum Arbeiten mit einfachen Hobelstählen.

a Aufspannkopf
b Bodenplatte
c Einstellschnecke
d Drehteil
e Werkzeugkopf
Walzenträger
g Geschwindigkeits-Wechselräder
h Wälzwechselräder
i Teilwechselräder
k Kastenbett
l Stufenrädergetriebe
m Zapfen für *d*
n Laufzylinder
o Schubstange
p Kurbelscheibe
q Einzelscheibe.

Kegelräder mit geräuschlos laufender bogenförmiger Verzahnung spielen heute im Kraftwagenbau eine Rolle. Die Maschine der Sächsischen Fräsmaschinenfabrik, G. m. b. H., Chemnitz, unterscheidet sich von andern dadurch, daß sie mit einfachen Hobelstählen alle Kegelräder der gleichen Teilung hobelt. Sie ist somit für die Einzel-, Reihen- und Massenfertigung geeignet. Ihr Arbeitsverfahren beruht darauf, daß zwei Hobelstähle um versetzt liegende Mitten mit gleichem Halbmesser im Kreisbogen hin- und herschwingen, Abb. 45, und ein Planrad bilden, das sich auf dem zu hobelnden Kegelrade nach dem Bilgramverfahren abwälzt. Dabei wird jedesmal wie beim Teilverfahren eine Zahnlücke fertiggestellt. Hierauf setzt der Rücklauf ein und danach wird das Rad weitergeteilt, so daß die nächste Zahnlücke gehobelt werden kann. Bei diesem Verfahren werden sämtliche Zahnflanken nach dem gleichen Halbmesser gebildet, so daß gleichgeformte Flankenteile mit einander kämmen. Nach einmaligem Durchwälzen sind beide Flanken einer Zahnlücke fertig. Die Hobelmaschine, Abb. 46 bis 48, trägt auf dem Kastenbett rechts den Aufspannkopf *a* für das Kegelrad und links den schwingenden Werkzeugkopf *e* mit den beiden Hobelstählen. Damit man das Kegelrad auf den Teilkegelwinkel einstellen kann, läßt sich der Drehteil *d* auf einer Bogenplatte *b* um den Zapfen *m* mit Schnecke *c* und Zahnbogen drehen und in Bogennuten festklemmen. Der Aufspannkopf trägt auswechselbare Aufspanndorne und ist in der Achsrichtung verschiebbar, so daß man die Kegelspitze auf die Mitte des Drehzapfens *m* einstellen kann. Im linken Werkzeugträger ist ein großer Laufzylinder *n* gelagert, worin außermittig einstellbar der Werkzeugkopf *e* sitzt. Der Laufzylinder *n* führt in zwangläufiger Verbindung mit dem zu hobelnden Kegelrad eine langsame Drehbewegung aus, die Wälzbewegung des Kegelrades, auf dem gedachten Planrad. Die hin- und hergehende Schnittbewegung der beiden Hobelstähle erzeugt die Kurbelscheibe, die mit der Schubstange *o* auf die Hebelkurbel des Werkzeugkopfes *e* wirkt. Die Kurbelscheibe *p* erhält ihren Antrieb von der Einzelscheibe *q* her über ein Stufenrädergetriebe *l*, eine senkrechte Welle und ein Vorgelege. Die Kurbelscheibe macht daher die vollen Umläufe, und der Messerkopf schwingt hin und her, so daß die Hobelstähle abwechselnd schneiden. Bei der Rückwärtsbewegung hebt sich das jeweilig nicht schneidende Messer ab. Die zwangläufige Verbindung zwischen Laufzylinder und Werkstück stellen die vorderen Wechselräder her, während die Teilwechselräder über die Teilvorrichtung und im Ausgleichgetriebe das Teilen des Kegelrades ermöglichen. Um auch die Wälzbewegung mit verschiedenen Geschwindigkeiten ausführen zu können, hat man links besondere Wechselräder angeordnet.

Die Arbeitsweise der Maschine spielt sich in folgenden Gängen ab:

1. Hobeln der beiden Flanken einer Zahnlücke in einem Durchwälzen.
2. Ausrücken des Vorschubes.
3. Ausschwenken des Aufspannkopfes, damit beim Rückwärtswälzen die Zahnflanken nicht verletzt werden.
4. Weiterteilen um eine Teilung.
5. Einschwenken des Aufspannkopfes auf die vorgeschriebene Zahntiefe und Wiederbeginn des Hobelns.

Alle Räder der gleichen Teilung werden mit gleichen Hobelstählen geschnitten, die im Kreisbogen gekrümmt und an der Stirn geschliffen sind. [B 7]

Die Untersuchung der Dreharbeit[1]).

Von Dr.-Ing. H. Klopstock, Berlin.

Die Bilanz der Drehbank. Das Gesetz des Schneidvorganges. Zerlegung des Schneidvorganges. Die Entwicklung einer neuen Schneidenform.

I. Die Versuchseinrichtung und -vorbereitung.

Bei einer umfangreichen Untersuchung über die Dreharbeit im Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule Berlin wurden eine Anzahl wichtiger Ergebnisse erzielt, die nachstehend näher behandelt sind.

Die Versuchsdrehbank[2]) hatte eine Spitzenhöhe von 450 mm und eine Drehlänge von rd. 3000 mm. Der Antrieb der Antriebspindel erfolgte durch einen 50 PS-Gleichstrommotor, der zwischen 7 und 820 Uml./min der Arbeitspindel regelbar war, der Antrieb des Vorschubgetriebes durch einen besonderen Motor.

Um die für die Versuche erforderlichen genauen Messungen vornehmen zu können, hatte man Support mit Meßeinrichtungen versehen, die mittels besonderer Vorrichtungen geeicht werden konnten, ohne daß die Meßdosen von dem Anzeige- und Schreibwerk gelöst zu werden brauchten.

Die Abbremsung des Drehbankmotors erfolgte mechanisch mit der Bandbremse und elektrisch durch einen Belastungsstromerzeuger. Für die weiteren Messungen wurden jedoch die Werte der elektrischen Bremsung benutzt, da diese zuverlässiger sind.

Die am Umfang der Planscheibe wirksamen Kräfte wurden durch Bremsversuche am Spindelstock der Bank bestimmt. Damit genau abgelesen werden konnte, war Vorsorge getroffen, daß die Maßeinrichtung möglichst erschütterungsfrei arbeitete.

Abb. 1. Vorrichtung zum Abbremsen der Versuchsdrehbank.

Abb. 1 zeigt die Bremsvorrichtung des Spindelkastens. Sie besteht aus einer gußeisernen Bremsscheibe, die von innen und außen durch Wasser gekühlt wird, den Bremsklötzen und dem Bremsband, das durch einen federnd aufgehängten T-Träger gehalten wird. Zwischen den Träger und die Meßdose ist ein federndes Glied geschaltet, die Erschütterungen von den Kraftanzeiger-Instrumenten fernhält. Meßdose und Manometer sind auf einer Dezimalwage angeordnet.

Um für jeden Versuch während des Schneidens die Richtigkeit der Anzeige der Meßinstrumente nachprüfen zu können, habe ich ein Kurvenblatt nach Abb. 2 entworfen. Die linke Seite der Kurventafel zeigt die Eichkurve des Amperemeters. Im Mittelteil sind die Wirkungsgrade der betreffenden Schaltung aufgetragen, rechts die Geschwindigkeitsgeraden für die Schnittgeschwindigkeiten von 10 bis

[1]) Auszug aus der an der Technischen Hochschule Berlin genehmigten Dissertation und aus Heft VIII der Berichte des Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen, Berlin.
[2]) Versuchsfeld-Bericht I und IV.

Abb. 2. Kurvenblatt zum Nachprüfen der Anzeige eines Meßgerätes.

30 m/min, in denen das Gesetz $N = \frac{P\,v}{60 \cdot 75}$ verkörpert ist, und die Eichkurve der Meßdose. Auf der Abszisse der rechten Bildseite können unmittelbar die Stahldrücke, auf der Ordinate die Reinleistung abgelesen werden. Beim Versuch mit Schaltung V werden beispielsweise am Amperemeter 59 A abgelesen, die nach der Eichkurve 59,5 A entsprechen. Der abgelesene Erregerstrom betrage 0,5 A, die Arbeitspindel mache 16 Uml./min. Der Gesamtstrom beträgt demnach 60 A. Von der Wirkungsgradkurve 60 findet man in derselben Wagerechten rechts den zugehörigen Punkt auf der Geraden der im vorliegenden Fall benutzten Schnittgeschwindigkeit von 12 m/min. Senkrecht unter diesem Punkt liegt auf der Eichkurve der Meßdose der Bilanzprüfpunkt. Dieser liegt, Abb. 2, bei stimmender Bilanz auf gleicher Höhe mit der an an der Meßdose abgelesenen Gradzahl.

II. Bilanzrechnung der Drehbank.

Als Beispiel der Bilanzrechnung sind in Abb. 3 bis 8 die Ergebnisse einer größeren Anzahl von Versuchen (s. w. unten) zusammengestellt. Aus diesen Kurven ist ersichtlich, wie sich die einzelnen Leistungsanteile bei den verschiedenen Spanquerschnitten innerhalb der Bank ver-

Abb. 3 bis 5. Leistungskurven für sämtliche bei den Versuchen benutzten Spanquerschnitte.

teilen. In Abb. 6 bis 8 sind die Werte für eine Anzahl von Spänen mit flachem und mit rotem Querschnitt aufgetragen. Hier zeigt sich die interessante Tatsache, daß für einen Span von beispielsweise 1 mm Spantiefe und 10 mm Vorschub eine kaum halb so große Leistung aufzuwenden ist wie für den entsprechenden hohen Span. Beachtenswert sind die Kurven des Vorschubgetriebes (vergl. Abb. 5 und 8); sie veranschaulichen die unrationelle Arbeit des Vorschubgetriebes. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß der für den Vorschubantrieb benutzte Motor zu stark bemessen war, also in einem ungünstigen elektrischen Bereich arbeitete.

Abb. 6 bis 8.

Die Ermittlung des Leistungsanteils der einzelnen Getriebeteile im Spindelkasten erfolgte mit Hilfe einer umfangreichen theoretischen Durchrechnung des Spindelkastens[1]). Abb. 9 zeigt das Versuchsergebnis für sechs verschiedene durchgerechnete Versuche. Die Zahnradreibungsverluste sind gegenüber den andern Verlusten so gering, daß von ihrer Einzeichnung Abstand genommen wurde. Die Getriebeverluste zeigen steigende Tendenz mit zunehmendem t/s. Abb. 9 ergibt in Übereinstimmung mit den Abb. 3 bis 8, daß bei flachen Spänen ($t < s$) die Getriebeverluste der Bank, mithin auch der Kraftverbrauch, kleiner sind als bei hohen Spänen ($t > s$)[2]).

III. Durchführung und Ergebnisse der Schnittversuche.

Bei den Schnittversuchen wurden folgende Punkte untersucht:

a) Kraftbedarf beim Schneiden mit flachen und mit hohen Spanquerschnitten,

b) Zusammenhang zwischen Kräften und Geschwindigkeiten,

c) Einfluß der Wasserkühlung und verschiedener Krümmungshalbmesser der Stahlspitze auf die Schnittleistung,

d) Leistungsverbrauch der für die Versuche benutzten drei Stahlformen,

e) Verhältnis der Schnittdrücke zu den Vorschub- und Schaftteildrücken,

f) Größe der Materialkonstanten für Schmiedeisen, Gußeisen und Chromnickelstahl.

Die benutzten Schneidenformen sind in Abb. 10 bis 12 wiedergegeben. Die als B-Stahl (Abb. 10) bezeichnete Schneidenform wurde, von geringen Winkelunterschieden abgesehen, von Schlesinger-Kurrein bei den im Jahre 1913 durchgeführten Abstumpfungsversuchen[3]) verwendet. Die Stahlwinkel stellten Mittelwerte der in der Praxis ohne be-

[1]) Vergl. Versuchsfeld-Bericht VIII.
[2]) Vogler, Werkstattstechnik Bd. 3 (1909) S. 535; Streiff, ebenda Bd. 1 (1907) S. 75, 391.
[3]) Schlesinger, Stahl und Eisen Bd. 33 (1913) Nr. 22.

Abb. 9. Schaubild der Getriebeverluste im Spindelkasten.

A = Reibungsverluste der Antriebswelle.
A_1 = Reibungsverluste der Zwischenwelle.
C = Reibungsverluste der Vorgelegewelle.
B = Reibungsverluste der Arbeitsspindel.
R_{c_1} u. R_B = Reibungsverluste zweier Radbüchsen.

B-Stahl. S-Stahl. Seitenstahl.

Abb. 10 bis **12.** Die bei den Versuchen benutzten Schneidenformen.

sondere Vorschrift hergestellten Drehstähle dar. Der S-Stahl (Abb. 11) ist eine zweite, gleichfalls in der Praxis übliche Stahlform, hat jedoch bedeutend geiler geschliffene Winkel. Die Form des Seitenstahls (Abb. 12) wurde nach Versuchen auf Chromnickelstahl festgelegt, da die vorhandene Form infolge zu geil geschliffener Winkel den Anforderungen nicht genügte. Spätere Abstumpfungsversuche zeigten, daß sich die hier gewählte Form in allen Fällen bewährte.

Als Arbeitstücke wurden Wellen gewählt. Auf jeder Welle wurde mit den drei Stählen bei vier verschiedenen Geschwindigkeiten in den Grenzen zwischen 6 und 18 m/min, wie sie in der Praxis gebräuchlich sind, geschnitten. Um ein möglichst deutliches Bild vom Einfluß der Spantiefe und des Verschubes auf die Schnittleistung zu erhalten, habe ich Spanquerschnitte bis zu 70 mm² bei einem Verhältnis von Spantiefe : Vorschub von 10 : 1 bis 1 : 10 gewählt, deren Größen und Formen weit über die üblichen hinausgehen. Der Krümmungshalbmesser der Stahlspitze betrug für alle drei Stähle bei fast allen Versuchen 3 mm. Für die Versuche mit Wasserkühlung und verschiedenen Krümmungshalbmessern (1, 5, 7 und 10 mm) wurde der B-Stahl benutzt. Die Spanquerschnitte betrugen hier 5 × 1, 5 × 5 und 1 × 5 mm² (errechnet). Die Schnittgeschwindigkeit bei den Versuchen mit verschiedenen Krümmungshalbmessern an der Stahlspitze betrug 15 m/min, bei denen mit Wasserkühlung 18, 15, 12 und 8 min/min. Sie wurden an Werkstücken aus Schmiedeisen, Gußeisen und Chromnickelstahl durchgeführt. Da es infolge der zahlreichen, sehr großen Vorschübe fast der doppelten Zeit und doppelt so großen Materialmenge bedurft hatte, wenn vor jedem Versuch die Welle mit dem Vorschub vorgeschnitten worden wäre, mit dem sie beim Versuch nachgeschnitten wurde, wurde vor allen Versuchen die Welle grundsätzlich mit 1 mm Vorschub überdreht. Die Spantiefe wurde aus den Durchmessern ermittelt, die an der überdrehten und im Grunde nachgeschnittenen Oberfläche gemessen wurden, wie aus Abb. 13 ersichtlich ist. Dieser Umstand ist für die Auswertung der Versuchsergebnisse von einschneidender Bedeutung. Wie Abb. 13 zeigt, läßt der Stahl bei größeren Vorschüben Material an der Wellenoberfläche stehen. Das bedeutet aber, daß nicht der volle Spanquerschnitt ($t \times s$) genommen wird, wenn die Oberfläche der Welle vorher mit 1 mm Vorschub überdreht worden war. Entsprechend der Größe des jeweiligen Vorschubs sowie der Spantiefe, der beim Versuch benutzten Stahlform und dem Krümmungshalbmesser der Stahlspitze ergeben sich vier verschiedene Fälle zur Ermittlung des auf der Welle stehenbleibenden Materials, aus denen sich vier Gleichungen zur Bestimmung des wirklichen Spanquerschnitts ableiten lassen. Die Anwendung dieser Gleichungen ergibt für die drei bei den Versuchen benutzten Stahlformen die Kurven-

Abb. 14 bis **16.** Bestimmung der Spanquerschnitte.

Abb. 12. Die mit dem Vorschub s_2 überdrehte Wellenoberfläche.

Spantiefe $t = \frac{D_1 - D_2}{2}$

Abb. 17. Schnittdrücke D und spezifische Schnittdrücke D_{sp} bei $v = 12$ m/min

züge nach Abb. 14 bis 16. Für Späne mit größtem Vorschub, für die der Spanquerschnitt am kleinsten ist, ist der Unterschied zwischen den errechneten und den wirklichen Spanquerschnitt am größten. Die Kurven steigen mit dem Verhältnis von Spantiefe zu Vorschub an und erreichen bei größter Spantiefe ihren höchsten Punkt. Bei Spänen von 1 mm Vorschub wird der volle Spanquerschnitt genommen, da die Oberfläche mit 1 mm Vorschub überdreht ist. Aber auch für die wirklich glatte Oberfläche ergibt die Formel des wirklichen Spanquerschnitts erst oberhalb 1 mm einen Unterschied.

Zur Ermittlung des Verhaltens der Kräfte bei den hohen Spanquerschnitten wurden zuerst alle Versuche mit der B-Stahlform an den drei Baustoffen bei $v = 12$ m/min zusammengestellt. Abb. 17 zeigt den Verlauf der Schnittdruck-(D-) Kurven und der Kurven des spezifischen Schnittdrucks D_p in Abhängigkeit vom wirklichen Spanquerschnitt. Bei größeren Spanquerschnitten, bei denen mit größeren Spantiefen bzw. größeren Vorschüben gearbeitet wurde, liegen die Punkte der hohen Späne oberhalb, die der flachen Späne unterhalb der Ausgleichkurve. Hieraus folgt, wie bereits früher erwähnt, daß der Arbeitsaufwand geringer ist, wenn bei gegebenem Spanquerschnitt mit kleiner Spantiefe und großem Vorschub gearbeitet wird. Im allgemeinen ist die Streuung der Punkte nicht erheblich. Die erwähnte Tendenz tritt nur im höheren Bereich der Kurven für Chromnickelstahl und Schmiedeeisen auf. Bei Gußeisen ist das Bild verwischt.

Bei den Versuchen über den Kräfteverlauf für wachsende Schnittgeschwindigkeiten fallen die Kurven gleichen Spanquerschnitts mit zunehmender Geschwindigkeit leicht ab, was mit den Beobachtungen von Taylor und Nicolson übereinstimmt. Auch bei einer Geschwindigkeit von 60 m/min wurde nur ein leichter Druckabfall gegenüber 18 m/min festgestellt.

Die Ergebnisse der Versuche bei Wasserkühlung zeigten gute Übereinstimmung der Kräfte mit denen bei trockenem Stahl. Die Wasserkühlung bewirkt im Vergleich zum trockenen Schneiden bei gleicher Schnittgeschwindigkeit nur eine Erhöhung der Lebensdauer des Stahles oder bei vergrößerter Schnittgeschwindigkeit nach Taylor bis zu 40 vH der „Normalgeschwindigkeit" eine vermehrte Spanausbeute.

Die Versuche bei Verwendung verschiedener Krümmungshalbmesser ergaben, daß es bei 1 mm Halbmesser und 5 mm Vorschub nicht möglich ist, die Stahlspitze selbst auf kürzeste Zeit unversehrt zu erhalten. Mit dem Krümmungshalbmesser von 3 mm erhielt man dagegen weit günstigere Ergebnisse. Für die Verwendung der übrigen Krümmungshalbmesser fiel die Schnittdruckkurve ziemlich in den Bereich der Kurve für $r = 3$ mm und überdeckte sich teilweise sogar mit ihr, ein Beweis dafür, daß der Krümmungshalbmesser keinen nennenswerten Einfluß auf die Kräfte ausübt, und daß ein mittlerer Krümmungshalbmesser von 3 mm eine ausreichende Wärmeabfuhr von der Stahlspitze gewährleistet.

Die bisherigen Ergebnisse betrafen den B-Stahl. Die Versuche mit dem S-Stahl und Seitenstahl zeigten, daß der Leistungsunterschied der drei Stahlformen nur unerheblich ist. Die Einflüsse des kleineren Keilwinkels beim S-Stahl

Schmiedeisen — Gußeisen — Chromnickelstahl

Abb. 18. Abb. 19. Abb. 20.

Abb. 21. Abb. 22. Abb. 23.

Abb. 24. Abb. 25. Abb. 26.

Abb. 18 bis 26. Vorschub- und Schaftdruckkomponenten der drei Stahlformen.

Abb. 27. Schnittdruck- und Kugeldruckkurven in Abhängigkeit von Span- bzw. Eindruckquerschnitt.
Ordinatenmaßstab: 100 bis 10000 kg; Abszissenmaßstab: 1 bis 70 mm².

und der kleineren wirksamen Schneidkantenlänge beim S- und Seitenstahl treten kaum merklich in die Erscheinung[1]).

Damit man sich ein Bild über die Vorschub- und Schaftdruckkomponenten B und C machen kann, ist in den Abb. 18 bis 26 für jedes Material und jede Stahlform das Verhältnis $B:D$ und $C:D$ in Abhängigkeit vom wirklichen Spanquerschnitt aufgetragen. In fast allen Fällen setzt sich die B-Kurve aus drei Einzelkurven zusammen, die entsprechend der Größe von t/s untereinanderliegen. Für hohe Späne steigt die Kurve gegen Ende leicht an, für quadratische verläuft sie parallel oberhalb und für flache ein wenig unterhalb der Wagerechten.

[1]) Trans. Am. Soc. Mech. Eng. (1917) de Leeuw. S. 194.

Die Untersuchungen von Meyer 1908 über Härteprüfung und Härte[2]) ergaben für das Eindringen einer Stahlkugel in ein zu untersuchendes Material ähnliche Kurvenbilder wie die der Abb. 17. Dort war die Kugelbelastung P in Abhängigkeit vom Kugeleindruckdurchmesser im doppelt logarithmisch geteilten System aufgetragen. Wenn man die D-Linien der Abb. 17 ebenfalls auf doppelt logarithmisch geteiltem Papier aufträgt, so stellen sich diese, wie Abb. 27 zeigt, ebenso wie die Kugeldruckkurven als gerade Linien dar, die für alle Baustoffe annähernd gleiche Richtung haben. Hieraus folgt, daß auch der Schneidvorgang nach dem Gesetz: $P = a\,d^n$ verläuft, das den Zusammenhang der Versuchsergebnisse von Rasch beim Aufeinanderdrücken von gehärteten Stahlkugeln und der von Föppl bei der Föppl-Schwerdschen Härteprüfung wiedergibt. Um die Lage der „Schnittdruck“- gegenüber den „Kugeldruck-Kurven“ festzustellen, habe ich an allen drei Baustoffen Kugeldruckproben ausgeführt und die aus diesen Versuchsergebnissen gewonnenen P-Kurven gleichfalls in Abb. 27 eingezeichnet. Entsprechend den auf der X-Achse aufgetragenen Spanquerschnitten wurden für die Kugeldruckkurven auf der Abszisse die Projektionsflächen $\frac{\pi}{4}d^2$ der Kalottenoberfläche, auf der Ordinatenachse die Kugelbelastungen P eingezeichnet. Die Gleichungen der 6 Kurven lauten:

A. der Schnittdruckkurven:

1. $\log D = 0{,}862 \log (s \times t) + \log 229$ für Schmiedeisen,
2. $\log D = 0{,}865 \log (s \times t) + \log 95{,}5$ für Gußeisen,
3. $\log D = 0{,}802 \log (s \times t) + \log 367$ für Chromnickelstahl.

B. Der Kugeldruckkurven:

4. $\log P = 1{,}16 \log \left(\frac{\pi}{4} d^2\right) + \log 87$ für Schmiedeisen,
5. $\log P = 1{,}15 \log \left(\frac{\pi}{4} d^2\right) + \log 120$ für Gußeisen,
6. $\log P = 1{,}06 \log \left(\frac{\pi}{4} d^2\right) + \log 204$ für Chromnickelstahl.

Daraus folgt, daß die Tangenten der Neigungswinkel für die Kugeldruckkurven größer als 1, für die Schnittdruckkurven kleiner als 1 sind, daß sie in beiden Fällen für Schmiedeisen und Gußeisen dicht beieinander liegen, während sie für Chromnickelstahl in beiden Fällen um etwa 7,5 vH kleiner sind. Bei beiden Kurvenscharen liegen also die Kurven für den gleichen Baustoff ähnlich. Anders verhält es sich mit der Größe der Abschnitte auf der Ordinatenachse. Während bei den Schnittdruckkurven die Linie für Gußeisen bedeutend unter der für Schmiedeisen liegt, verläuft bei den Kugeldruckkurven die Gußeisenlinie zwischen den beiden andern. Dieser Umstand ist ein kennzeichnendes Merkmal für die Verschiedenheit beider Vorgänge. Während Gußeisen nach den Schnittdruckkurven wesentlich leichter bearbeitbar ist als Schmiedeisen, zeigt es trotz geringer Festigkeit bei der Kugeldruckprobe größere Härte als Schmiedeisen. Meyer erklärt diese Erscheinung damit, daß bei allseitigem, hohem Druck auch die spröden Stoffe bildsam werden, daß Fließen bei diesen Körpern in der Regel auftritt, wenn von Härte gesprochen wird. Besonderes Interesse ver-

[2]) Meyer, Z. Bd. 52 (1908) S. 645

Abb. 28 bis **32.**
Schneidvorgang bei der Bildung eines Spanes.

Abb. 28.

Abb. 29. **Abb. 30.** **Abb. 31.** **Abb. 32.**

dienen noch die Schnittpunkte je zweier zugehöriger Geraden. Bei Schmiedeisen liegt dieser Punkt bei 3500 kg, bei Chromnickelstahl bei 2200 kg, bei Gußeisen außerhalb der Zeichenebene unter 100 kg. Das bedeutet aber, daß beim Schneiden mit einem Spanquerschnitt von beispielsweise 24 mm² für Schmiedeisen die gleiche Kraft von 3500 kg aufzuwenden ist, als wenn man eine Stahlkugel von 10 mm Dmr. so lange in das gleiche Material eindringen läßt, bis die Projektionsfläche von 24 mm² erreicht ist, die einem Eindruckdurchmesser von 5,54 mm entspricht. Oberhalb dieses Punktes ist für den gleichen Querschnitt der Kraftaufwand bei der Kugeldruckprobe größer, unterhalb beim Schneiden.

Das Gleiche gilt für die beiden anderen Materialien: Gußeisen zeigt, daß schon bei kleinsten Querschnitten der Kraftaufwand bei der Kugeldruckprobe über dem beim Schneiden liegt. Die Höhenlage der Schnittpunkte der einzelnen Baustoffe ist abhängig von der Härte und Bearbeitkeit der betreffenden Stoffe. Bei weiteren Versuchen mit S.-M.-Stahl, Kupfer und Messing hat sich ergeben, daß die Schnittpunkte der spanbildenden Baustoffe annähernd auf einen geraden, die der nichtspanbildenden Materialien ebenfalls auf einer annähernd parallelen Geraden, aber erheblich tiefer, liegen[1]). Dies bedeutet aber, daß auf Grund einer einzigen Kugeldruckprobe an dem in die Werkstatt eingelieferten Werkstück mit Hilfe der nach Abb. 27 erweiterten Schaubildtafel für jeden beliebigen Spanquerschnitt der für die Zerspannungsleistung maßgebende Schnittdruck durch Einzeichnen der zugehörigen Schnittdrucklinie abgelesen werden kann.

IV. Der Schneidvorgang.

Zahlreiche Beobachtungen während der Schnittversuche drängten darauf hin, die Vorgänge während des Schneidens näher zu erforschen. Die in der Praxis vertretene Ansicht, daß bei größeren Spänen ein Abspalten des Spanes vom Material eintritt, sowie die diesbezüglich widersprechenden Auffassungen in der Literatur ließen es notwendig erscheinen, den ganzen Vorgang, wenn möglich, dem Auge sichtbar vorzuführen. An einem an der Drehbank eingespannten Schruppstahl diese Vorgänge zu beobachten, war nicht möglich, da die Spitze während des ganzen Vorganges im Material sitzt und die aus dem Material herausragenden Schneidkanten infolge des an der Welle befindlichen Supports nur sehr ungenügenden Einblick in den Vorgang der Spanabnahme gestatten. Den besten Einblick in den Vorgang der Spanabnahme erhält man bei einer Tischhobelmaschine, da hier der Stahl still steht, und der Vorgang der Spanabnahme bequem von der Seite beobachtet werden kann. Bei dem Versuch wurde als Werkzeug ein Abstechstahl gewählt, dessen großer Keilwinkel den Vorgang sehr deutlich macht, Abb. 28 bis 32. Die Abbildungen zeigen fünf Aufnahmen des Vorganges hintereinander bei Abnahme eines Spanes. Nachdem der Stahl das Material angeschnitten hat, wird beim weiteren Vordringen der Schneide das in Bildung begriffene Spanelement nach oben gedrängt, so daß bei dem plötzlich auftretenden Bruch[2]) ein Spalt zwischen Span und Material entsteht. In diesem Augenblick geht die Schneide frei, um dann wieder von neuem das Material anzuschneiden. In Übereinstimmung mit den Abb. 28 bis 32 stehen die Codronschen Bilder[3]), die dem Verfasser zur Zeit der Aufnahmen nicht bekannt waren.

Abb. 33 bis 36. Hobel- und Drehspäne in Ansicht und Draufsicht.

Abb. 37. Ansicht einer gedrehten Oberfläche.

Abb. 38. Ansicht einer gehobelten Fläche.

In Abb. 33 bis 36 sind Dreh- und Hobelspäne in Ansicht und Draufsicht dargestellt. Sie lassen die vollkommene Übereinstimmung beider Spansorten erkennen. Entsprechend zeigen Abb. 37 und 38 eine gedrehte und eine gehobelte Oberfläche, die gleichartige querlaufende Rißlinien zeigen. Die Abstände zwischen den einzelnen Rißlinien kennzeichnen die Stellen, an denen die Stahlschneide jedesmal von neuem das Material angeschnitten hat. Die Abbildungen zeigen also, daß die Schneidkante nicht stetig schneidet. Die Lage der Abscherfläche, die sich infolge des Eindringens der Schneide in das Material bildet, ist nach Thime durch den Keilwinkel des Stahles und das betreffende Material gegeben. Das Einreißen des Materials an der Stahlspitze und die Zusammenstauchung des sich bildenden Elementes an einer kurz hinter der Schneide gelegenen Stelle erfolgt dann, ohne daß der Riß zunächst die ganze Materialmenge abtrennt.

Diese Auffassung erklärt die von Nicolson und andern Forschern aufgenommenen oszillierenden Schnittdruckkurven, deren Höchstpunkte den Augenblick der Zusammenstauchung des Spanes an der hinter der Schneidkante gelegenen Stelle und deren unterste Punkte den Augenblick nach der Abscherung des Elementes darstellen.

(Schluß folgt.)

[1]) Näheres hierüber s. Versuchsfeld-Bericht VIII.

[2]) Thime Haußner: Versuche über das Hobeln der Metalle.

[3]) Codron: Expériences sur le Travail des Machines-Outils pour les métaux 1906 Bd. II S. 81, 87.

Fabrikorganisation und Werkzeugmaschine.

Von Prof. *A. Wallichs*, Aachen.

Grundanschauungen über neuzeitliche Fabrikorganisation — Entwicklungslinien des deutschen Werkzeugmaschinenbaues — Anschaffung und Aufstellung der Werkzeugmaschinen, Fabrikplan.

Die wirtschaftliche Notlage, die der verlorene Weltkrieg und die nachfolgenden Bedrückungen und Auflagen der ehemals feindlichen Machthaber in Deutschland geschaffen haben, erfordert die angestrengteste Arbeit in den Erzeugungsstätten, denn nur stark gesteigerte Ausfuhr kann die Ernährung des Volkes und darüber hinaus die Befriedigung der feindlichen Ansprüche ermöglichen. Auf der andern Seite erfordert gerade die auf Jahrzehnte hinaus vermehrte Erzeugungstätigkeit die Festigung der durch die Ereignisse verringerten Volkskraft. Diese Tatsachen zwingen uns zu großen Leistungen bei kleiner Anstrengung. Ohne neuzeitliche wohldurchdachte und vollwirksame Organisation im Geschäftsbetrieb und in den Werkstätten können wir der schweren Aufgabe nicht gerecht werden.

Aber auch ohne Notlage ist die oben gekennzeichnete Arbeitsweise zu bevorzugen, da sie — wie das Beispiel der Fordfabrik zeigt — für die Allgemeinheit von wesentlichem Nutzen ist. Je mehr Bedarfsgüter ein Land bei voller oder eingeschränkter Arbeitsdauer erzeugen kann, desto mehr entfällt hiervon auf den einzelnen, desto besser kann also die Gesamtheit leben und darüber hinaus noch durch Verkauf des Überschusses an das Ausland Werte, also Lebensgüter aller Art, in das eigene Land einführen. Es ist eine sehr ernste Sache, daß gewisse Erzeugnisse Amerikas, auf die Gewichteinheit bezogen, trotz Zoll- und Frachtkosten etwa ebensoviel kosten wie für das gleiche deutsche Erzeugnis das Material allein. Einen Teil dieses erstaunlichen Unterschiedes bedingen wohl die Steuerlast, die hohen sozialen Abgaben, die teuren Eisenbahnfrachten in unserm Lande usw., aber der Hauptgrund ist, daß die auf die Spitze getriebene Fabrikationstechnik und Organisation die Lohnkosten für das einzelne Stück wesentlich verringert hat. Hierin liegt der Kernpunkt des amerikanischen Erfolges, den wir suchen und auf den wir zustreben müssen.

Man kann die **Aufgaben** und **Ziele** der neuzeitlichen Betriebsführung etwa wie folgt zerlegen:

1. Aufstellung eines zweckmäßigen Fabrikplanes derart, daß die Aufeinanderfolge der Arbeitsgänge durch geringen Aufwand an Förderkosten ermöglicht wird und der Arbeiter an seinem Platz gehalten wird.
2. Sorgfältige Auswahl der neuen und Verbesserung der vorhandenen maschinellen Hilfsmittel, Einrichtungen und Werkzeuge zur Erzielung höherer Leistungen.
3. Streng durchdachte Vorbereitung der Arbeit, damit eine gewisse Zwangläufigkeit in den Arbeitsvorgängen erreicht wird und die durch ungenügende Vorbereitung der Arbeiten entstehenden Zeitverluste erspart werden.
4. Auslese und Anpassung der Arbeiter an die nach ihrer Veranlagung und Befähigung gewählten Plätze.
5. Gleichrichtung der Interessen von Arbeitgeber und Arbeitnehmer auf Erhöhung der Arbeitsleistung im Zusammenwirken von Menschen und Einrichtungen.
6. Festsetzung einer bestimmten, in Anzahl oder Menge und in der Art der Ausführung genau bezeichneten Aufgabe für jeden Tag und jeden Arbeiter.
7. Beteiligung der Arbeiter am Einhalten der vorgeschriebenen Leistung in bestimmter Zeit durch entsprechende Lohnverfahren und Prämien.

Die vorstehenden Richtlinien umfassen eine solche Fülle von Einzelpunkten und Sonderaufgaben, daß im Rahmen dieses Aufsatzes nur ein kleiner Teil davon besprochen werden kann. Da diese Abhandlung aus Anlaß der Technischen Frühjahrsmesse in Leipzig geschrieben ist, greife ich die Mitwirkung der Werkzeugmaschine an der neuzeitlichen Fabrikationsweise heraus, die vornehmlich unter Nr. 2 und 5 der oben genannten Punkte fällt.

Entwicklungslinien des deutschen Werkzeugmaschinenbaues.

Bei dem gewaltigen Aufschwung des deutschen Wirtschaftslebens in den letzten Jahrzehnten hat der Werkzeugmaschinenbau in Umfang, Güte und Leistungen besondre Förderung erfahren; denn je mehr der Wohlstand zunahm, desto mehr wuchs das Bedürfnis nach Kulturerzeugnissen aller Art, deren Herstellung in Massen nur durch vermehrte Werkzeugmaschinen und Einrichtungen aller Art möglich war. Je teurer und je knapper Arbeitskräfte, insbesondere gelernte, wurden, desto mehr mußte es im Werkzeugmaschinenbau zur **Übertragung der gelernten Kunst von der Menschenhand auf die Maschine**, also zum Ersatz des gelernten Arbeiters durch den in kurzer Zeit angelernten infolge der Herstellung in Massen nach dem sogenannten Austauschverfahren kommen. Die eigentliche Handwerkskunst verbleibt bei diesem Vorgang nur für die Herstellung des Werkzeugs, dessen Führung nicht mehr die geschickte Hand des Menschen, sondern die Maschine übernimmt; der Mensch hat nur noch die Schalt- und Vorschubbewegungen auszuführen, aber auch diese werden auf der letzten Stufe dieser Entwicklung, beim Automaten, von der Maschine zwangläufig besorgt.

Das ist die Entwicklung, die z. B. bei der wichtigsten Werkzeugmaschine, der Drehbank, durch die Reihe: Handdrehbank, Revolverdrehbank, Halbautomat, Automat, gekennzeichnet wird. Während bei der gewöhnlichen Handdrehbank der gelernte Dreher durch Nachmessen mit Meßwerkzeugen die Verantwortung für die in der Zeichnung vorgeschriebene Gestaltung des Erzeugnisses übernimmt, geht diese Verantwortung bei der Revolverdrehbank und beim Automaten auf das in der Maschine wirkende Werkzeug über, das der Werkzeugmacher und Einsteller überwacht, während der bedienende Arbeiter dieser Verantwortung enthoben ist. Dabei werden die in großen Mengen hergestellten Teile — nur solche kommen für diese Maschinen in Frage — so gleichmäßig in den Abmessungen, wie es der gelernte Handarbeiter auf den älteren Maschinen nur sehr schwer erreichen könnte. Dadurch, daß das Prüfen und Nachmessen durch den Arbeiter bei jedem einzelnen Stück fortfällt und der Zeitverlust durch das Ein- und Ausspannen vermieden wird, verkürzt sich die Herstellzeit für das Stück ganz bedeutend, die Leistung steigt und die Lohnkosten für das Einzelstück sinken.

Ein Beispiel zeigt, wie die Leistung durch Vervollkommnung der Maschine erhöht wird: Eine gewöhnliche blanke ¾"-Kopfschraube fordert auf der Handdrehbank eine Arbeitszeit von 30 min, auf der Revolverdrehbank 3 min und auf dem Automaten 1¼ min. Die Lohnkosten sinken aber noch stärker, da man bei der Revolverdrehbank die billigere ungelernte Arbeitskraft einsetzen und die Automaten in ganzen Gruppen gleichzeitig von einem einzigen Arbeiter beaufsichtigen oder bedienen lassen kann. Allerdings sind die sogenannten Maschinenkosten bei den selbsttätig arbeitenden Maschinen höher, so daß die Betrachtung der reinen Lohnkosten noch kein vollständiges Bild der Wirtschaftlichkeit ergibt. Eine weitere Steigerung dieser Entwicklung brachte die **Vereinheitlichung der Formen** vieler Maschinenteile durch den Normenausschuß der deutschen Industrie.

Die Ingenieure müssen ihre ganze Kraft anspannen, um die Maschinen, vornehmlich die Werkzeugmaschinen, so zu vervollkommnen, daß sie dem Menschen immer mehr Arbeit abnehmen und so die Gesamtleistung in der Herstellung der Erzeugnisse erhöhen. Den arbeitenden Menschen von der mühevollen Wiederholung einer und derselben Handlung zu befreien, hat die Werkzeugmaschine in ihrer Vervollkommnung zur Selbsttätigkeit vollbracht, und es hat unendlich viele Mühe und schwierige erfinderische Geistesarbeit erfordert, ehe es soweit gekommen ist. Die **selbsttätigen** Werkzeugmaschinen sind zum Teil Lebenswerke einzelner Ingenieure, sie sind im sozialethischen Sinne **Kulturtaten** wegen ihrer arbeit- und mühesparenden Wirkung. Das sei besonders erwähnt, weil man vielfach der Maschine die Hauptschuld an der durch die industrielle Entwicklung hervorgerufenen sozialen Umschichtung zugeschoben hat.

Daß ausländische Vorbilder den deutschen Werkzeugmaschinenbau auf dem Gebiete der Bohrmaschinen, Fräsmaschinen, Drehbänke und Automaten befruchtet haben, ist unverkennbar; insbesondre bei den Automaten waren die Amerikaner unsere Lehrmeister. Die durch mangelnde Arbeitskräfte hervorgerufenen hohen Löhne und die großen Absatzgebiete zwangen die Amerikaner schon viel früher als uns, arbeit- und lohnsparende Werkzeugmaschinen zu verwenden; sie erreichten dabei um so größere Erfolge, als die Einstellung von Werkzeugmaschinenfabriken auf ganz bestimmte Typen einzelner Gattungen schon vor Jahrzehnten einsetzte. So wurden z. B. die Universalfräsmaschinen der Cincinnati Milling Machine Co., die Bohrmaschinen der Bickford Tool Co., die Hobelmaschinen der American Shaper Co., die Schleifmaschinen der Norton Co. Welttypen und Vorbilder für ähnliche Maschinen in allen Industrieländern. In den letzten beiden Jahrzehnten hat man auch bei uns die großen Vorteile erkannt, die aus der Konzentration aller gestaltenden Kräfte und Werkstatterfahrungen auf eine einzige Maschinenart für die Vervollkommnung dieser Art erwachsen, und so entstanden z. B. auch in Deutschland viele Sonderfabriken für Werkzeugmaschinen, deren Erzeugnisse sich den amerikanischen würdig an die Seite stellen können. Den Boden für eine solche Entwicklung hat in Deutschland erst in den letzten Jahrzehnten die starke Vermehrung des Absatzes geschaffen.

Namhafte deutsche Industrielle, die in den letzten Jahren die Vereinigten Staaten bereist haben, heben mit besonderem Nachdruck hervor, daß die Grundlagen neuzeitlicher Fabrikationstechnik in Deutschland nur durch Beschränkung der Fabriken auf einzelne Typen und Größen und Erzeugung dieser wenigen Arten in größeren Mengen geschaffen werden können. Daß es große Schwierigkeiten bereitet, die Arten freiwillig zu verteilen und viele Unternehmungen zum Verzicht auf Typen zu veranlassen, die sie mit Mühe und Kosten entwickelt haben, wird nicht verkannt, aber die Not der Zeit muß die in der deutschen Eigenart begründeten Hindernisse fortschaffen und wenigstens die allzu große Zersplitterung, wenn auch nicht beseitigen, so doch wesentlich einschränken.

Unberührt davon kann der Einzelbau schwerer Werkzeugmaschinen bleiben, der in Deutschland in hoher Blüte steht und dessen Erzeugnisse in der ganzen Welt guten Ruf genießen.

Der Weltkrieg hat insbesondre an die Lieferfähigkeit des deutschen Werkzeugmaschinenbaues so hohe Anforderungen gestellt, daß die vorhandenen Betriebe nicht mehr ausreichten und viele neue eingerichtet werden mußten. Einige von diesen neu entstandenen Fabriken haben gut gestaltete und präzis ausgeführte Typen durchgebildet, so daß der Werkzeugmaschinenbau in Deutschland seit der Kriegszeit an Ausdehnung gewonnen hat.

Fragt man, nach welcher Richtung sich der deutsche Werkzeugmaschinenbau in der letzten Zeit besonders entwickelt hat, so sind als Hauptmerkmale die Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit sowie der Schnittkräfte und die Verbesserung der Bedienbarkeit zu nennen. Beide verfolgen das gleiche, heute besonders wichtige Ziel, nämlich die Gesamtleistung zu steigern.

Zwei Errungenschaften der Neuzeit kamen diesem Bestreben zu Hilfe:

1. die Erfindung des Schnellarbeitsstahles 1900,
2. die Ausbildung der elektrischen Einzel-, Regel- und Umkehrantriebe und der sogenannten Druckknopfsteuerung.

Nebenher ging die erhöhte Genauigkeit in der Herstellung der Rädergetriebe und die Anwendung der Kugellager zur Verminderung der Reibung.

Anschaffung und Aufstellung der Werkzeugmaschinen, Fabrikplan.

Den Forderungen der Neuzeit entsprechend sollen die Einrichtungen der Fabrik und besonders die Werkzeugmaschinen mit dem geringsten Aufwand an Kosten und Mühen eine hohe Erzeugung ermöglichen. Demgemäß richtet sich das Hauptaugenmerk des Käufers darauf, kurze Fertigungszeiten zu erreichen. Da sich diese aus den eigentlichen Bearbeitungszeiten und aus den Neben- und Griffzeiten zusammensetzen, so hat der Konstrukteur beide Aufgaben zu erfüllen. Verkürzung der Dauer der Bearbeitung fordert hohe Ausnutzung des Werkzeuges durch Einstellung auf hohe Arbeitsgeschwindigkeit und dauernde Unnachgiebigkeit der Bauteile der Maschine gegenüber den bei der Arbeit auftretenden Kräften. Die Forderung, die Griffzeiten zu verkürzen, zwingt den Konstrukteur, alle Handgriffe und Hebel so anzuordnen, daß der Arbeiter bei der Betätigung der Griffe weder seinen Platz zu verändern, noch sich zu bücken oder zu beugen braucht, und die Schaltgetriebe so einzurichten, daß man mit einem Mindestmaß von Bewegungen oder Griffen die gewünschte Schaltung ausführen kann. Die zweite Aufgabe ist deshalb besonders wichtig, weil bei einer sehr großen Anzahl von Arbeitsvorgängen die sogenannten Neben- oder Schaltzeiten zusammen viel länger als die eigentliche Arbeit dauern. Lehrreiche Beispiele für die zeitsparenden Einrichtungen an den Werkzeugmaschinen sind z. B. der Ersatz der Wechselrädersätze an Vorschubgetrieben der Drehbänke durch Räderkästen nach der Art der Nortongetriebe, die Anordnung sämtlicher Geschwindigkeits-, Vorschub- und Einstellhebel neuzeitlicher Radialbohrmaschinen am Standort des Bohrmaschinisten, die leichte Schwenkbarkeit der Arme solcher Maschinen durch Anwendung von Kugellagern an den Drehpunkten der Säule. Namentlich bei Bohrmaschinen spielt Verbesserung der Manövrierfähigkeit eine große Rolle, weil die Schalt- und Umstellzeiten gegenüber den reinen Bohrzeiten erheblich überwiegen; man kann daher auf diesem Wege wesentlich mehr gewinnen als durch Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit, eine Erfahrung, die auch für andre spanabhebende Maschinen zutrifft.

Die Drehbank mit senkrechter Achse erleichtert bei gewissen Arbeiten das Aufspannen so sehr, daß man erheblich an Zeit gegenüber der üblichen Drehbank gewinnt. Die Anordnung erhöhter Geschwindigkeiten für den selbsttätigen Leergang des Werkzeugträgers oder der Aufspanntische an Fräsmaschinen, Bohr- und Ausbohrmaschinen, Karusselldrehbänken und dergl. verfolgt den gleichen Zweck, die toten Zeiten zu verkürzen. Bei großen Werkzeugmaschinen hat man in neuester Zeit die elektrische Fernschaltung eingeführt, die eine vorzügliche Steuerung von einem Punkt aus ermöglicht; alle Geschwindigkeiten und Umsteuerungen, ferner die Schnellbewegung schwerer Werkzeugträger usw. werden durch Druckknöpfe betätigt.

Die Werkzeugmaschinen in der Massenfabrikation müssen sich der besonderen Bearbeitung der in der gleichen Form wiederkehrenden Teile anpassen. In vielen Fällen genügt es nicht, die Maschine mit den für die wiederkehrenden Werkstücke eingerichteten Aufspannvorrichtungen auszurüsten, sondern die ganze Werkzeugmaschine muß als Sondermaschine für einen ganz bestimmten Teil oder für eine Gruppe von Teilen gebaut sein und während einer Aufspannung eine Reihe von Bearbeitungen gleichzeitig vollführen. Die Ausnutzung des hierin liegenden Zeitgewinnes durch Sonderbearbeitungsmaschinen hat durch das Vorgehen von Ford beim Bearbeiten von Automobilteilen die bekanntesten und weitesten Fortschritte gemacht. Mit Geschick hat man das Verfahren auch bei der Bearbeitung von Werkzeugen, namentlich Spiralbohrern, in der Uhren- und Zündererzeugung u. a. m. durchgeführt; aber in vielen Zweigen der deutschen Kleinmaschinen- und Apparateindustrie hat man von diesem wichtigen Mittel der Rationalisierung der Betriebe noch zu wenig Gebrauch gemacht.

Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit allein bringt in manchen Fällen nur verhältnismäßig geringen Zeitgewinn; viel mehr kann man durch zweckmäßiges Vorbereiten und richtiges Ineinandergreifen und Aufeinanderfolgen der Arbeitsgänge, der Auf- und Abspannzeiten, Stapel- und Transportverfahren usw., also durch rein organisatorische Maßnahmen erreichen. Es kommt also mehr auf die Verkürzung der Nebenzeiten als auf die der Maschinenzeiten an. Bei Verwendung von Sondermaschinen, die das Arbeitstück gleichzeitig an mehreren Stellen bearbeiten, schaltet man viele Auf- und Abspann-, Transport- und

Zahlentafel 1.

Nr.	Gegenstand	Bearbeitungszeit Revolverbank		Ersparte Zeit	
		Revolverbank	Vierspindelautomat		
		min	min	min	vH
1		22	2,2	19,8	90
2		12	2,5	9,5	79
3		25	1,5	23,5	94
4		16	2,2	13,8	86
5		13	1,5	11,5	89
6		12,5	1,5	11	88
7	RZ45Z1	16	1,2	14,8	92,5

Maßstab der Abb. rd. 1:2,5

Stapelzeiten aus und erreicht weiteren Zeitgewinn dadurch, daß sich Bearbeitungszeiten überschneiden. Die Werkzeugmaschine in dieser höheren Form übernimmt hier nicht allein die Handwerkskunst des Menschen, sondern auch einen Teil der zeitraubenden Zwischenbewegungen und Maßnahmen, mit anderen Worten einen Teil der Werkstattorganisation. In der Ausnutzung der Sondermaschinen liegt ein wichtiges Mittel, um die Forderung des Taylorsystems: Mehr und billiger erzeugen, mit Erfolg erfüllen zu können.

Allerdings sind solche Maschinen nur selten auf dem freien Markt zu finden und kaum für den Verkauf in der Technischen Messe geeignet. Im Interesse der allgemeinen Erhöhung der Produktion ist es notwendig, dem Käufer von Werkzeugmaschinen die Richtlinie zu geben: Erst prüfen, ob für die Eigenart der Erzeugung die Sonderbearbeitungsmaschine von Nutzen ist. Ergibt die Berechnung, daß marktgängige Werkzeugmaschinen wirtschaftlicher sind, dann prüfe man, welche besondere Type man anschaffen soll. Viel zu häufig stellt man teure Maschinen mit großem Verwendungsbereich auf, deren Möglichkeiten nachher nur wenig ausgenutzt werden. Es sollte Grundsatz sein, die Bearbeitung in Gruppen aufzuteilen, für diese nur Maschinen mit wenigen, für die besondre Arbeit notwendigen Spann- und Schaltvorrichtungen zu wählen und nur einzelne Maschinen mit großem Verwendungsbereich für unvorhergesehene Änderungen in der Konstruktion und Arbeitsverteilung anzuschaffen.

Ist die Type gewählt, so kaufe man nach dem bewährten Grundsatz: das Beste ist stets das Billigste. Der Ersatz der veralteten Typen durch neue leistungsfähigere geschieht im allgemeinen noch viel zu langsam. Tausende von alten Werkzeugmaschinen laufen noch in deutschen Betrieben, die aus Rücksicht auf die allgemeine Erhöhung der Ausbeute sowie auf das eigene wirtschaftliche Interesse der Unternehmungen längst durch neuere, bessere hätten ersetzt werden sollen. Der Zeitgewinn ist meist sehr bedeutend. Der Leiter einer Maschinenfabrik geht z. B., nachdem er das Fordsche Buch gelesen hat, durch seinen Betrieb und prüft die Fertigungszeiten kleiner Maschinenteile auf den Revolverdrehbänken. Eine Nachfrage bei den Werkzeugmaschinenfabriken ergibt die Möglichkeit wesentlicher Zeitersparnis durch Anschaffung von Vierspindelautomaten. Die erreichbare Verkürzung der Arbeitzeiten zeigt Zahlentafel 1.

Standort der Werkzeugmaschine im Fabrikplan.

Bei der Frage, welche Anzahl von Werkzeugmaschinen man beschaffen will, sollte statt der vielfach noch üblichen Schätzung stets die genaue Berechnung vorausgehen, die sich auf die Dauer der verschiedenen Arbeitsgänge stützt. Eine solche Berechnung setzt nicht allein die Kenntnis des Erzeugungsplanes im allgemeinen, sondern auch der Gestalt der Erzeugnisse in allen Einzelteilen voraus. In der heutigen Zeit sollte man einen Fabrikneubau auch erst dann in Angriff nehmen, wenn man die obigen Berechnungen angestellt hat, namentlich dort, wo sich aus kleinen Anfängen heraus durch Bewährung der hergestellten Marichtungen oder ähnlicher Erzeugnisse die Notwendigkeit des Neubaues ergeben hat. Vor dem Entwurf neuer Werkstätten für sogenannten allgemeinen Maschinenbau ohne fest umrissene Sondererzeugung muß dringend gewarnt werden. Die Zeiten für solche Fabriken sind vorbei; schon zu Anfang dieses Jahrhunderts sind mehrere derartige Versuche gescheitert.

Ist die Zahl der zu beschaffenden Maschinen bestimmt, so beginnt die schwierige Frage der Aufstellung der Maschinen. Man kann dabei nach zwei grundsätzlich von einander abweichenden Verfahren vorgehen. Nach dem einen Verfahren werden gleichartige Maschinen in Gruppen und Abteilungen zusammengefaßt, nach dem andern stellt man sie nach dem Gang der Erzeugung auf. Im ersten Falle entstehen z. B. Abstecherei, Dreherei, Bohrabteilung, Fräserei, Schleiferei usw., im zweiten Falle bleiben die verschiedenen Arten der Werkzeugmaschinen völlig ungeordnet. Dabei ist nicht nur das eine oder das andere Verfahren, sondern auch eine Verbindung der beiden möglich, indem man etwa bei den schwereren Teilen die Maschinen nach dem Gang der Fertigung und bei den leichteren Teilen nach Abteilungen von gleichartigen Werkzeugmaschinen aufstellt.

Beide Verfahren haben Vorteile und Nachteile: die Übersicht über den Werkzeugmaschinenpark, leichtere Raumverteilung und Antriebverhältnisse, ferner die Einteilung der Meisterschaften sprechen für die Zusammenfassung in Abteilungen, während die Stoffzuführung, der zwangläufige Fluß der Erzeugung, die leichtere Übersicht über den Stand und den Fortgang der Arbeiten entschieden zugunsten der Aufstellung nach dem Gang der Erzeugung sprechen. Im Sinne der Forderungen neuzeitlicher Organisation zur Erreichung erhöhter Ausbeute und verminderter Erzeugungskosten sollte das zweite Verfahren überall dort angestrebt werden, wo es möglich ist, d. h. in der ausgesprochenen Reihen- und Massenanfertigung und bei der Herstellung der mittleren und großen Maschinen in der Teilfabrikation.

Die Vorteile des lückenlos fortlaufenden Flusses der Erzeugung, der Fortfall der Hin- und Herwege, die Zählung und Überwachung des Standes der Herstellung sind so augenfällig und in der Praxis so erprobt, daß die Nach-

teile völlig in den Hintergrund treten. Die Schwierigkeit des Antriebes läßt sich leicht durch den elektrischen Einzelantrieb beheben, das etwa notwendige Umstellen der Maschinen bei Änderungen des Erzeugnisses oder der Bearbeitungsverfahren läßt sich dadurch erleichtern, daß man die Maschinen auf Spannschienen leicht lösbar befestigt, die Einteilung der Meisterschaften läßt sich dem System anpassen. Der sogenannte Einzelbau, besonders der schwerer Maschinen, wird bei der Zusammenfassung der gleichartigen Werkzeugmaschinen bleiben müssen.

Die Werkzeugmaschinenfrage ist eng mit der Zeit- und Lohnkosten sparenden Werkstattorganisation verknüpft. Auswahl, Anschaffung und Aufstellung der Maschinen müssen stets auf das Gesamtgeschehen und die Verbindung der arbeitenden Menschen mit den Maschinen und Einrichtungen Rücksicht nehmen. Die gute neuzeitliche Werkzeugmaschine allein bringt geringen Nutzen, wenn ihr Wirken nicht durch den sie umschließenden Rahmen einer zweckmäßig eingerichteten und geleiteten Fabrik unterstützt wird. Sind Auswahl und Aufstellung der Werkzeugmaschinen nach solchen Gesichtspunkten erfolgt, dann ist die neuzeitliche Werkzeugmaschine ein unentbehrliches Hilfsmittel zur wirtschaftlichen Fabrikation, das heißt zur Erhöhung der Erzeugung. [B 45]

Entstehungsgeschichte des Spiralbohrers für Metallbearbeitung.

Der Spiralbohrer für Metallbearbeitung ist heute das wichtigste Werkzeug aller Werkstätten. Bis auf wenige Ausnahmen hat er wegen seiner Leistungsfähigkeit alle andern Bohrer verdrängt. Die alten Spitzbohrer wurden aus einem Stück Vierkantstahl von Hand geschmiedet. Die Spitze wurde nach Augenmaß durch Hämmern, Schneiden oder Behauen mit dem Meißel, Feilen und Schleifen auf dem Schleifstein hergestellt und auf einfache Weise gehärtet. Auch der Schaft erhielt seine Form zur Aufnahme des Bohrers in der mit Vierkant versehenen Spindel der Bohrmaschine durch Ausschmieden von Hand. Ein solches Werkzeug war natürlich unendlich weit entfernt von unsern heutigen Begriffen von Präzisionsarbeit. Die Bohrer schlugen, ergaben niemals genaue Bohrungen, wurden sehr schnell stumpf und brachen häufig ab. Den abgebrochenen Bohrer instandzusetzen, erforderte nahezu ebensoviel Arbeit, wie einen neuen Bohrer herzustellen. Beim Spiralbohrer dagegen, dessen Querschnitt auf die ganze Schneidlänge gleich bleibt, braucht man in der Regel nur die Spitze nachzuschleifen. Ein guter Spiralbohrer ergibt genau zylindrische Löcher, zerspant das zu bohrende Material wesentlich schneller als ein Spitzbohrer, ermöglicht durch seine Nuten eine selbsttätige Spanabfuhr, eine gute Zuführung der Kühlflüssigkeit und schnelle Abführung der Reibungswärme. Er hat deshalb eine große Lebensdauer und bricht bei richtiger Bedienung nur selten ab.

Der Name „Spiralbohrer" ist recht unglücklich gewählt. „Spirale" kommt vom lateinischen „spira" und heißt auf deutsch „Windung". Es gibt Archimedische, Fermatische, hyperbolische Spiralen. Alle Spiralen sind krumme Linien in einer Ebene. Die Grundrißzeichnung einer Uhrfederspirale stellt die einfachste Form der Spirale dar, die jedem Laien bekannt ist. Allmählich hat sich in der deutschen Sprache der Gebrauch herausgebildet, unter einer Spirale auch ein räumliches Gebilde zu verstehen, also eine zylindrische oder kegelige Schraubenlinie. Dadurch ist eine gewisse Systemlosigkeit und Unklarheit in Sprache und Technik gebracht worden. Man würde statt „Spiralbohrer" besser „Schraubenbohrer" sagen. Der erste deutsche Berichterstatter über einen sogenannten „Spiralbohrer" — in Dinglers Polytechnischem Journal von 1823 Bd. 10 S. 37 — kennt auch dieses Wort noch nicht. Er spricht vielmehr von einem „Bohrer mit schneckenförmig gewundenen Gängen". Allerdings ist sein Ausdruck „schneckenförmig" auch nicht ganz richtig, er hätte sagen sollen „schraubenförmig".

Vereinzelt findet man in der Literatur die Bezeichnung „Schraubenbohrer" (Esselborn, Lehrbuch des Maschinenbaues, Leipzig 1913, S. 589) oder „Drallbohrer" (Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie 1912 S. 281).

Noch mehr Wandlungen als der Ausdruck „Spirale" hat das Wort „Bohrer" durchgemacht. Nach unserm Sprachgebrauch ist der Bohrer ein spitzes, spanabhebendes Werkzeug, das, in Drehung versetzt und an einen Werkstoff angedrückt, diesen durchdringen kann. Das indogermanische Stammwort „bhera" bedeutet aber außer „durchdringen" auch „zerreiben" und „schneiden". Das französische Wort „burin" ist von diesem Stamm herzuleiten und bedeutet nicht „Bohrer", sondern „(Grab-)Stichel" und „Messer". Auch das germanische „nabiger" (Nabe und Ger) bedeutet ursprünglich „Spatel", später „Bohrer".

Der Spiralbohrer für Metallbearbeitung wird aus Rund-, Flach- oder Profilstahl durch Gießen, Walzen, Pressen, Verwinden, Fräsen usw. hergestellt und besteht in der Hauptsache aus einem zylindrischen Teil, der sogenannten „Schneidlänge" und einem zylindrischen oder kegeligen „Schaft" unter Umständen mit Vierkant am oberen Ende.

Der Querschnitt der Schneidlänge ist nicht voll kreisrund, sondern hat zwei weite Nuten, die sich schneckenförmig über die ganze Schneidlänge hinziehen. Die geraden Durchdringungen der beiden Nuten mit der kegelig hinterschliffenen Spitzenfläche des Bohrers bilden die „Schneidlippen", „Schneidkanten" oder „Flügelschneiden". Die Durchdringung beider Flügel des Bohrers an der Spitze ergibt eine kurze sogenannte „Querschneide", die aber nicht schneidet, sondern schabt.

Über die Entstehungsgeschichte des Spiralbohrers für Metallbearbeitung in der jetzt üblichen Normalform enthält das deutsche Schrifttum fast ausschließlich unzutreffende Angaben. Die „Schieß-Nachrichten", Jahrgang 1922/23 Heft 4, schreiben in einem Aufsatz „Über Spiralbohrer": „Der Spiralbohrer wurde bereits im Jahre 1863 von dem aus der Schweiz nach Deutschland eingewanderten Johann Martignoni erfunden, konnte aber erst durch die tatkräftige Mitwirkung des Auslandes, insbesondere Amerikas, zu einem marktgängigen und in der Technik allgemein angewandten Werkzeug ausgestaltet werden. Wahrscheinlich trug, wie in so vielen gleichartigen Fällen, in Deutschland erst die Ansicht, daß man es mit einer ausländischen Erfindung zu tun habe, dazu bei, die anfänglichen Vorurteile zu beseitigen, und erst dann konnte er allmählich zu der Bedeutung gelangen, die ihm heute mit Recht in allen Zweigen des Maschinenbaues zukommt."

In demselben Sinne berichtet die „Werkstattstechnik" vom 1. Mai 1912 S. 217. In den Werkstattbüchern, Berlin 1924, Heft 15 „Bohren", steht auf S. 13: „Der Spiralbohrer soll von dem aus der Schweiz nach Deutschland eingewanderten Johann Martignoni im Jahre 1863 in Düsseldorf erfunden sein. Jedenfalls wurde er in Amerika zuerst im großen hergestellt und benutzt und kam dann von dort herüber nach Deutschland." Nach andern Angaben soll Martignoni den Spiralbohrer nicht erfunden, aber in Deutschland eingeführt haben.

Martignoni, der als Techniker in Deutschland bis zu seinem Tode gewirkt hat, mag aus eigenem Denken und Ersinnen heraus die Normalform des Spiralbohrers gefunden haben, der erste war er nicht. In einer Druckschrift aus dem Jahr 1910 berichtet er selbst:

„Das Jahr 1863 sah mich in Düsseldorf. Ich hatte mir an diesem Platze eine kleine Werkstatt eingerichtet, die vornehmlich dem einen Zwecke diente, neue Ideen, denen ich ständig nachging, praktisch an der eigenen Werkbank zu erproben. Eines Tages brachte mir ein Herr Sch. eine gedrehte Scheibe von Stahl mit der Aufforderung, in diese Scheibe die drei vorgezeichneten Löcher (etwa 5 bis 6 mm) zu bohren. Die zu bohrenden Löcher mußten derart genau sein, daß die hineinpassenden Spindeln nicht wackeln durften. Auch sollten die Abstände ganz genau übereinstimmen. Wie wäre es möglich gewesen, die drei Löcher mit einem gewöhnlichen Bohrer zu bohren, wie sie damals im allgemeinen Gebrauch sich befanden? Während ich nun nach einer möglichst raschen Lösung der an mich gestellten Aufgabe suchte, fiel mir ein, daß ich im Jahre 1857 beim Mechaniker Fr. Busser in Klein-Basel zu einer ähnlichen Arbeit (Platten für Webstühle) Bohrer benutzte, die an ihren gegenüberliegenden Längsseiten mit geraden Nuten versehen waren. Diese Bohrer sollten ein leichtes Entfernen der Späne aus dem Bohrloch bezwecken. Vor allem aber sollten sie genaue Löcher liefern, was mit geschmiedeten, gespitzten Bohrern unmöglich gewesen wäre. Jene Bohrer also waren ungefähr 4 bis 5 cm lang, rund gedreht, die Stärke entsprechend der Dicke der in die Webstuhlplatten zu bohrenden Löcher. Weiter hinten waren die Bohrer dünner gearbeitet und verstärkten sich an ihren Enden, die mit Gewinden versehen wurden, damit sie auf die Drehbank gespannt werden konnten. Die dünnere Fläche bezweckte das leichtere Hineinfeilen der Nuten in die Bohrer.

Ich wollte nun, um drei Löcher in die Scheibe zu bohren, einen solchen Bohrer zurechtfeilen. Während der Arbeit ist mir jedoch die Feile einige Male abgeglitten. Ich versuchte deshalb, die Nuten anstatt gerade, spiralförmig zu feilen, was mir tatsächlich auch gelungen ist. Ganz unvermittelt stellte sich gleichzeitig der Gedanke bei mir ein, daß ein mit einer derartigen Nut versehener Bohrer — der heutige Spiralbohrer — eine weit bessere Bohrarbeit verrichten müsse. In meiner Voraussetzung sollte ich mich denn auch nicht getäuscht haben, indem mir das Bohren der drei erwähnten Löcher vortrefflich gelang. Meine eigene Arbeit überraschte mich außerordentlich. Der in die gebohrten Löcher eingeführte Bohrer paßte wirklich schließend."

In einem Brief, der in der Dokumentensammlung Darmstädter der Preußischen Staatsbibliothek aufbewahrt wird, schreibt Martignoni u. a.: „Im Jahre 1863 habe ich in Düsseldorf die ersten Spiralbohrer erfunden und selbst angefertigt. Mit dem Muster meiner Erfindung begab ich mich zu den Firmen Krupp in Essen, van der Zypen in Deutz bei Köln . . . sowie zu anderen größeren Werken. . . . Eineinhalb Jahre nach meinen ersten Besuchen bei benannten Firmen bemühte ich mich nochmals zu ihnen mit der Absicht, Referenzen und Zeugnisse zu erlangen, . . . bekam aber fast überall die Erklärung, daß die Bohrer unbrauchbar sein sollten! . . . Im Jahre 1867 wurde mein Spiralbohrer von Amerikanern auf der Weltausstellung in Paris praktisch vorgeführt. . . . Der Spiralbohrer war in Amerika niemals patentiert."

In den Archiven der Firma Krupp ließen sich leider keine Aufzeichnungen über die Verhandlungen mit Martignoni finden, ebensowenig bei der Eisenbahnwagen- und Maschinenfabrik van der Zypen & Charlier in Köln-Deutz. Von dieser wurde jedoch ein Kronzeuge aus der in Betracht kommenden Zeit ermittelt. Seine Äußerungen gehen dahin, daß Spiralbohrer schon 1856 in der Kölnischen Maschinenfabrik und 1861 bei van der Zypen & Charlier in Gebrauch gewesen seien, die, soviel erinnerlich, zum Teil aus England, zum Teil aus Belgien bezogen worden seien.

Zur Frage, ob vielleicht der Spiralbohrer in Amerika erfunden sei, schrieb die Morse Twist Drill & Mach. Co. in New Bedford, Mass., an die Dokumentensammlung Darmstädter: „The development of the twist drill was originally made by Stephen A. Morse in 1862 at Bridgewater, Mass., at which time he developed two special milling machines to cut the grooves in the drills, and on April 7th, 1863 he was granted a patent on a twist drill, the goods having been made and placed on the market for some time prior to that date. In 1864 he moved to New Bedford Mass., and the Morse Twist Drill & Machine Co. was formed, taking over the manufacture and sale of this tool." („Der Spiralbohrer wurde ursprünglich von Stephen A. Morse im Jahr 1862 zu Bridgewater, Mass., ausgebildet. Zu dieser Zeit entwarf er zwei Sondermaschinen zum Fräsen der Nuten in die Bohrer. Am 7. April 1863 nahm er ein Patent auf den Spiralbohrer, der schon vor diesem Tag auf den Markt gekommen war. 1864 zog er nach New Bedford, Mass., wo die Morse Twist Drill & Machine Company gegründet wurde; diese übernahm dann die Herstellung und den Verkauf dieses Werkzeuges.")

Widerlegt wird dieses Dokument durch den schon erwähnten Bericht in Dinglers Polytechnischem Journal vom Jahre 1823, der in den wichtigsten Sätzen lautet:

„Der amerikanische geflochtene Zentralbeißer. Wir können unseren Lesern den Gebrauch dieses Instruments, welches Herr Jakob Perkins mit aus Amerika herüberbrachte, nicht genug empfehlen."

„Der Bohrer mit schneckenförmig gewundenen Gängen. Auch dieses Instrument gewährt, wie der amerikanische Zentralbeißer, den Vorteil, daß die Späne sich während des Bohrens von selbst herausschieben, ein Umstand, der auf der Drehbank von hoher Wichtigkeit ist. Dieses Instrument wird aus einem dichten zylindrischen Stück Stahl angefertigt, welches mit zwei der Länge nach schneckenförmig hinlaufenden Kanälen durchzogen wird, deren jeder sich vorne an der Spitze in zwei Schneiden endet. . . . Auch dieses Instrument kam mit Herrn Perkins aus Amerika herüber, ist aber in England nicht ganz unbekannt. Wir erinnern uns, vor mehreren Jahren an einer Maschine in Herrn Bramahs berühmter Patentschloßfabrik zu Pimlico (Vorstadt von London. Der Verf.) fünf Bohrer von ähnlicher Form gesehen zu haben, welche auf einmal ebensoviel Löcher in Messingtafeln bohrten. Hätten sie nicht die Eigenschaft besessen, sich selbst von den Bohrspänen zu reinigen, so könnten sie ihrem Zwecke in dieser Maschine nimmermehr entsprochen haben."

Martignoni wie Morse scheiden also als Erfinder (wenigstens als die ersten Erfinder) des Spiralbohrers aus. Es wäre nun zu untersuchen, wer die in der Fabrik Bramahs benutzten Spiralbohrer hergestellt hat. In den Beiträgen zur Geschichte der Technik und Industrie, Jahrbuch des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin 1921, 11. Bd. S. 126 wird angegeben, Bentham habe sich unter Nr. 1951 im Jahre 1793 u. a. einen Spiralbohrer patentieren lassen. Ein genaues Studium der Patentschrift ergibt aber, daß der Berichter sich geirrt hat. Es handelt sich nicht um einen Spiralbohrer, sondern um einen Kronenbohrer, der aus zwei Teilen hergestellt werden sollte, einem unteren schneidenden Teil aus einem Rohrstück mit einer oder mehreren Reihen von Schneidezähnen am unteren Kranz und einem Schaft aus Stahlrohr oder Profilstahl. Schneidteil und Schaft sollten zwecks Spanabfuhr mit schraubenförmigen Nuten versehen werden. Die wesentlichen Merkmale des Spiralbohrers, Schneidkanten an der Spitze und gleichbleibender Querschnitt der Schneidlänge, fehlen ganz. Schraubenförmige Windungen zur Spanabfuhr hatten schon die Löffelbohrer der Römer. Die Verbesserungen Benthams sollten nur den gewundenen Bohrer, den man bisher in der Regel nur zur Holzbearbeitung benutzte, auch für Metallbearbeitung brauchbar machen.

Da nun auch Bentham als Erfinder des Spiralbohrers fallen gelassen werden muß, wäre es möglich, daß Bramah ihn selbst erfunden hat. Da er sich zahlreiche Patente auf seine eigenen Neukonstruktionen erteilen ließ, hatte er es wohl nicht versäumt, sich auch den Spiralbohrer patentieren zu lassen. Dies ist aber nicht geschehen. In den englischen Patentschriften ist zwischen 1793 und 1820 ebensowenig wie in der Folgezeit ein Patent auf einen Spiralbohrer zu finden. 1793 ließ sich Bentham noch einen Vorläufer des Spiralbohrers patentieren, um 1820 benutzte Bramah Spiralbohrer, also kann man folgern, daß ein armer Teufel um die Jahrhundertwende in England den Spiralbohrer erfunden hat, der nicht die Mittel hatte oder nicht die Wege kannte, sich ein Patent zu erwerben.

Gegen die Möglichkeit, daß noch früher der Spiralbohrer in Nordamerika erfunden sein könnte, spricht Verschiedenes. Bis zur Beendigung des Freiheitskrieges 1783 ließen die Engländer in Nordamerika keine Industrie aufkommen. 1785 verbot England die Auswanderung von Mechanikern und Arbeitern der Stahl- und Eisenindustrie und die Ausfuhr von Maschinen, Werkzeugen, Modellen und Zeichnungen nach Nordamerika, ohne sie allerdings völlig unterbinden zu können. Die ersten Fabriken in Nordamerika waren Geschützgießereien; die Geschützrohre wurden mit Bohrmessern und nicht mit Bohrern ausgebohrt. Der erste bedeutende amerikanische Techniker war Whitney, der erst 1792 die Universität verließ und dann die Baumwoll-Entkernmaschine erfand. In den ersten Anfängen der amerikanischen Industrie ist in zahlreichen eingehenden Schilderungen nichts von der Erfindung des Spiralbohrers zu finden. Die ersten Nachrichten lauten vielmehr dahin, daß Perkins 1822 amerikanische Spiralbohrer nach England gebracht habe. Man kann annehmen, daß dies nicht lange nach dem ersten Auftauchen dieses Werkzeugs der Fall war. Ebensowenig wie man die Möglichkeit von der Hand weisen kann, daß der Spiralbohrer um 1820 herum in Nordamerika erfunden wurde, kann man es für ausgeschlossen halten, daß die ersten amerikanischen Spiralbohrer englischen nachgeahmt worden sind. Bei dem höheren Stand der englischen Technik, wo zu Anfang des 19. Jahrhunderts Männer wie Bentham, Brunel, Maudslay, Clement und Whitworth alle Zweige des Werkzeugmaschinen- und Werkzeugbaues stark beeinflußten und befruchteten, spricht die größte Wahrscheinlichkeit dafür, daß, wie schon gesagt, der Spiralbohrer für Metallbearbeitung zu Anfang des 19. Jahrhunderts in England von einem Unbekannten erfunden worden ist.

Zu Massenanfertigung und wirtschaftlicher Anwendung des Spiralbohrers in der Industrie konnte es erst kommen, nachdem geeignete Fräs- und Schleifmaschinen erfunden waren. Auch diese hatten in England ihre Heimat.

Heute muß es uns sehr wundern, daß der Spiralbohrer, dieses jetzt fast unentbehrliche Werkzeug, erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts in der deutschen Industrie endgültig eingeführt war und hauptsächlich infolge der tüchtigen Propaganda des Amerikaners Morse.

Daß Martignoni nicht der erste Erfinder des Spiralbohrers gewesen ist, muß wohl zugegeben werden, aber seine Vorstellungen bei deutschen namhaften Werken hätten dazu führen können, daß vor der amerikanischen, weltbeherrschenden Werkzeugindustrie eine solche deutsche erstanden wäre. [N 80]

Berlin-Südende. Dr. Trautvetter.

Keilwellenschleifmaschine.

Die früher üblichen Wellen mit Nut und Feder, auf denen sich Zahnräder oder andre Maschinenteile verschieben, werden auch im Werkzeugmaschinenbau vielfach durch die aus dem Kraftwagenbau stammende Keilwellen ersetzt, d. h. mehrfach genutete Wellen, in die Vorsprünge der entsprechend genuteten Nabe des zu verschiebenden Maschinenteiles greifen. Die Nuten der Keilwellen müssen im Abstand und in ihrer Tiefe und Breite genau sein, damit der Maschinenteil ohne Spiel in radialer Richtung oder in der Richtung des Umfanges verschoben werden kann. Das Fräsen der Nuten allein ist meist nicht genau genug, es ist vielmehr vorteilhafter, die Nuten vorzufräsen, die Welle zu härten und dann auf Endmaß zu schleifen.

Eine Sonderschleifmaschine für diesen Zweck stellt die Werkzeugmaschinenfabrik Carl Unger, Hedelfingen-Stuttgart, her. Die Welle wird im Spindelstock und im Reitstock gehalten. Der Spindelstock ist mit einer besonders genauen Teilscheibe versehen. Die Schleifscheibe wird nach einer Schablone hinter dem Reitstock verstellt. Damit die Welle auch genau zylindrisch geschliffen wird, kann man den Reitstock durch Mikrometerschrauben wagerecht und senkrecht nachstellen.

Die Maschine schleift etwa vier Keilwellen von 300 mm Länge in der Stunde auf 0,005 mm genau. Nach Abnahme der Vorrichtungen für das Wellenschleifen kann man die Maschine auch als Flächenschleifmaschine der üblichen Art verwenden.

[N 147] Kl.

Wissenschaftliche Gestaltung der Werkzeuge.

Von Willy Hippler, Kiel.

Unentbehrlich für alle spanabhebenden Werkzeuge sind die Winkel an der Schneide. Keines der vielen Werkzeuge kann ohne sie auskommen. Aber nicht alle sind gleich gut damit versehen. Der Fräser ist nicht so ausgiebig wie der Drehstahl, der unter allen Werkzeugen die vollkommensten Schneidwinkel in Größe und Durchbildung erhalten kann. Die Winkel an der Schneide des Drehstahles sind deshalb Vorbild und Ausgangspunkt für die übrigen zerspanenden Werkzeuge.

Weil die Grundform der Schneide am Drehstahl ein Keil ist, bestimmen ihre Form drei Winkel[1], Abb. 1. Der Rückenwinkel α der Rückenfläche R gegen die Senkrechte zur Auflagefläche A, der Keilwinkel β zwischen Brustfläche B und Rückenfläche R (auch Meißelwinkel oder Zuschärfungswinkel), und der Brustwinkel γ der Brustfläche B gegen die Auflagefläche A. Die Winkel werden in einer Ebene gemessen, die senkrecht zur Schneidkante und zur Auflagefläche des Stahles ist.

Diese drei Winkel braucht die Werkstatt, um den Schneidkopf durch Schmieden und Schleifen herstellen zu können, sie bestimmen also Konstruktion, Herstellung und Instandhaltung des Werkzeuges. Daraus folgt die grundlegende Bedeutung dieser Winkel; denn von ihrer sachmäßigen Bemessung hängt der Wirkungsgrad der Zerspanung ab. Günstig gewählte Winkel verringern den Kraftverbrauch, ergeben mehr Späne, verlängern die Lebensdauer der Schneide, erfüllen somit alle Grundforderungen an die Schneide. Sie wirken auf den Schnittdruck und die Spanarbeit und beeinflussen somit tiefgehend den Schneidvorgang.

Über die Ausbildung der Winkel an der Schneide und die sich daraus ergebende Lage und Stellung der Schneidkante herrschten trotz der grundlegenden Wichtigkeit dieser Fragen bis in die ersten Jahre nach dem Kriege, selbst in der einschlägigen Literatur, viele falsche Ansichten, so daß in den Werkstätten noch heute, insbesondere was den Brustwinkel anbelangt, Fehler vorkommen. Bis zum Auftreten von Taylor war die Ausbildung der Werkzeugschneide ausschließlich Sache des Nurpraktikers. Auch Taylor hat dieses Problem nicht vollständig geklärt, weil er die Bedeutung der Staucharbeit beim Zerspanen nicht genügend würdigte, und erst das Jahr 1924 brachte in weiteren Forschungen die bedeutsamsten Erkenntnisse, welche die Aussicht auf eine wissenschaftlich begründete Lehre von der wirtschaftlichsten Form der Schneide eröffnen.

Einen grundlegenden Fortschritt in der Ausbildung des Keilwinkels β haben die Arbeiten von de Leeuw und Klopstock gebracht. Im allgemeinen beträgt β 60 bis 75°; de Leeuw hat aber neuerdings in seinem Keilwinkel-Kraftdiagramm, Abb. 2, nachgewiesen, daß innerhalb dieses in der Werkstatt üblichen Keilwinkelbereichs zwischen 50 und 75° der Unterschied im Kraftverbrauch nur gering ist, hingegen zwischen 20 und 30° wesentlich geringere Kraft notwendig ist[2]). Bei der Ausbildung des Keilwinkels β steht man demnach zwischen zwei Forderungen: die Rücksicht auf geringen Kraftverbrauch verlangt kleine Keilwinkel, etwa zwischen 20 und 30°, die Rücksicht auf Festigkeit wesentlich größere Keilwinkel, nicht unter 54, besser nicht unter 60°.

Diese Forderungen hat Klopstock in geschickter Weise vereinigt, Abb. 3 und 4[3]). Den Ausgleich der beiden Gegensätze erreicht er durch eine gebrochene Brustfläche. Längs der Hauptschneide $a\,b$ und der Nebenschneide $a\,c$ läuft ein schmaler Flächenstreifen, gegen den die Brustfläche unter bestimmter Krümmung anläuft; die Brustfläche setzt sich aus dem Flächenstreifen $a\,d$ und dem Bogen $d\,e$ zusammen. Auf diese Weise erhält der Stahl zwei verschiedene Keilwinkel, einen großen Keilwinkel β_1 (etwa 80°) des Flächenstreifens gegen die Rückenfläche, und einen kleinen β_2 (etwa 20 bis 30°), den die Tangente an dem Auslauf der gekrümmten Brustfläche und die Rückenfläche des Stahls bilden. Winkel β_1 sichert der Schneide große Widerstandsfähigkeit, er ist der wirkliche Keilwinkel; Winkel β_2 erleichtert die Abführung des Spanes ohne Stauchen um so mehr, je kleiner er ist, verringert also den Kraftverbrauch, er ist der wirksame Keilwinkel.

Schwieriger lassen sich die Verhältnisse beim Brustwinkel γ übersehen. In der Dreherei herrscht darüber fast bei jedem Meister und Dreher eine andere Meinung, weil sie sich zumeist nicht klar darüber sind, was der Brustwinkel geometrisch darstellt.

Da beim üblichen Schruppstahl, Abb. 5 bis 7, die Schneide $a\,b$ unter dem Winkel φ zur Arbeitsfläche des Werkstückes geneigt ist, liegen die Winkel α, β und γ in der zur wagrechten Schneidkante $a\,b$ senkrechten Ebene

[1]) Vergl. E. Simon, „Hütte", Taschenbuch für Betriebsingenieure 2. Aufl. S. 950, Berlin 1924.

[2]) Vergl. Trans. Am. Soc. Mech. Eng. Bd. 39 (1917) S. 194.

[3]) Die Untersuchung der Dreharbeit, Werkstattstechnik Bd. 17 (1923) S. 666.

Abb. 1. Die Winkel an der Schneide des Drehstahls.
α Rückenwinkel
β Keilwinkel
γ Brustwinkel.

Abb. 2. Keilwinkel-Kraftdiagramm.

Abb. 4. Schnitt senkrecht zur Klopstockschneide; Schneide a—b.

Abb. 3. Klopstockschneide.

Abb. 5 bis 7. Schruppstahl mit wagerechter Schneidkante.

I—I. Dabei ist die Brustfläche um den Winkel γ gegen die durch die Schneidkante *a b* gelegte wagerechte Ebene geneigt, der Stahl ist, wie der Dreher sagt, um den Winkel γ seitlich hinterschliffen, und er nennt daher den **Brustwinkel** auch Seitenschleifwinkel.

Der Span läuft stets mit der Neigung des Brustwinkels ab; er wird also um so weniger gestaucht, oder um so weniger aus seiner Richtung abgelenkt, je besser der Brustwinkel dem natürlichen Abrollen des Spanes angepaßt wird. Der Brustwinkel beeinflußt somit Spanbildung, Spandruck und Schnittdruck.

Im allgemeinen ist die Arbeit zum Loslösen und Aufbiegen des Spanes um so geringer, je größer der Brustwinkel ist. Weil mit zunehmendem Brustwinkel der Keilwinkel β kleiner wird und dadurch der Schneidkopf zu schwach wird, darf der Brustwinkel einen Höchstwert nicht überschreiten; er kann aber um so größer sein, je weicher oder zäher das Werkstück ist.

Die Klopstock-Schneide hat infolge ihrer gebrochenen Brustfläche zwei Brustwinkel, den wirklichen Brustwinkel γ_1, Abb. 8, und den wirksamen Brustwinkel γ_2. γ_2 bestimmt die zum Zerspanen notwendige Arbeit und insbesondere die schädliche Staucharbeit. Theoretisch gesehen, muß nach alledem die Klopstock-Schneide Vorteile gegenüber den in der Werkstatt üblichen Schruppschneiden ergeben. Ob aber diese Vorteile von größerem Belang oder nur geringfügig sind, wird die Praxis erst noch näher erweisen müssen.

Der Kraftverbrauch einer Drehbank müßte hiernach bei größerem Brustwinkel kleiner als bei kleinerem Brustwinkel sein; Klopstock hat aber gefunden, daß der Unterschied im Kraftbedarf bei drei Stahlformen unerheblich war[1]), obgleich die Unterschiede in den Brustwinkeln 11° betragen hatten. Dieser scheinbare Widerspruch läßt sich durch das Keil-Winkel-Kraft-Diagramm, Abb. 2, erklären, wonach man wesentlich an Kraft erst dann spart, wenn der Keilwinkel β unter 50° beträgt. Die Stähle der Versuche von Klopstock hatten aber Keilwinkel von 60° und darüber, so daß der Einfluß der Unterschiede im Brustwinkel nicht zur Geltung kam.

Die Regel, daß die Kraftersparnis mit dem Brustwinkel zunimmt, gilt also nur unter der besondern Voraussetzung, daß der Keilwinkel β nicht größer als 40 bis 50° ist. So kleine Keilwinkel sind aber für übliche Schrupp-

[1]) Vergl. „Die Untersuchung der Dreharbeit", Werkstattstechnik Bd. 17 (1923) S. 652.

Abb. 8. Brustwinkel der Klopstockschneide.

Abb. 9. Schnitt durch die Ebenen am Stahl.

Abb. 10 und 11. Brustwinkelebenen.

Abb. 14. Stahl mit wagerechter Schneidkante.

Abb 13. Stahl mit negativ überhöhter Schneidkante.

Abb. 12. Stahl mit positiv überhöhter Schneidkante.

stähle wegen ihrer geringen Widerstandskraft unzulässig.

Solange also der Brustwinkel kleiner als 35 ° ist, hat er keinen nennenswerten Einfluß auf den Kraftverbrauch der Drehbank; diese Erfahrung hat schon Taylor gemacht; er sagt: „Entgegen der üblichen Meinung spielen die Schleifwinkel bezüglich des Einflusses auf die Schnittgeschwindigkeit und auf die zum Abheben des Spanes erforderliche Kraft nur eine untergeordnete Rolle"[1]). Auch dies erklärt sich daraus, daß Taylor mit Keilwinkeln nicht unter 60 °, also mit Brustwinkeln nicht über 24 °, meist mit kleineren arbeitete.

Ganz allgemein ist der Brustwinkel der Winkel der Brustfläche gegen die Auflagefläche. Solcher Winkel gibt es aber beliebig viele, je nachdem, in welcher Ebene oder Richtung der Winkel gemessen wird. Schneidet man die Brustfläche durch eine Ebene *n—n*, Abb. 9, die senkrecht zu Auflagefläche und Brustfläche, somit auch zur Spur der Brust- und Auflagefläche steht, so erhält man den Brustwinkel γ_n. Schneidet man aber die Brustfläche durch eine Ebene *I—I*, die senkrecht zur Projektion der Schneidkante auf die Auflagefläche oder, ganz allgemein, zur Projektion der Spur der Brust- und Rückenebene in der Auflageebene ist, so erhält man einen Brustwinkel γ_1. Der Brustwinkel im Sinne der bisherigen Darlegungen ist offenbar derjenige, in dessen Richtung der Span abläuft. Der Span läuft aber stets senkrecht zur Auflage- und Brustfläche, also in der Ebene *n—n* ab, somit ist γ_n der „wirksame" oder Normalbrustwinkel; die Praxis und die gesamte Literatur nennt dagegen den Winkel γ_1 in der Schnittebene I—I den Hauptbrustwinkel[2]), in dessen Richtung sich der Span abwickelt. Dieser ist aber für die Zerspanung und die Ausbildung der Schneide ohne Bedeutung. Bei wagrechter Schneidkante, s. Abb. 5 bis 7, ist $\gamma_n = \gamma^1$, und daraus erklärt sich die Verwechslung der Begriffe.

Außer dem Normalbrustwinkel hat man zu unterscheiden: in der Ebene II—II, Abb. 10 und 11, parallel zum Schaft den vorderen Brustwinkel γ_2, d. h. den Winkel der Brustfläche gegen die Auflagefläche, gemessen in der Ebene II—II, die parallel zur Stahlachse und senkrecht zur Auflagefläche steht, und in der Ebene III—III parallel zum Vorschub den seitlichen Brustwin-

[1]) Vergl. Taylor-Wallichs, „Über Dreharbeit und Werkzeugstähle" S. 68.

[2]) Vergl. „Hütte", Taschenbuch für Betriebsingenieure, 2. Aufl. S. 961. E. Simon, Zur Normung der Schneidestähle, NDJ-Mitteilungen 1924 S. 64.

Abb. 15 und 16. Schruppstahl, positive Überhöhung (Punkt *a* liegt höher als *b*).

γ_n Normalbrustwinkel γ_2 vorderer Brustwinkel γ_3 seitlicher Brustwinkel α Rückenwinkel φ Neigungswinkel.

Abb. 17 und 18. Schruppstahl, negative Überhöhung (Punkt *b* liegt höher als *a*).

γ_n Normalbrustwinkel
γ_2 vorderer Brustwinkel
γ_3 seitlicher Brustwinkel
α Rückenwinkel
φ Neigungswinkel

Abb. 19 und 20. Schruppstahl, wagerechte Schneidkante (Punkt a liegt in gleicher Höhe wie b).

γ_n Normalbrustwinkel
γ_2 vorderer Brustwinkel
γ_3 seitlicher Brustwinkel
α Rückenwinkel
φ Neigungswinkel

Abb. 21 und 22. Die Brustwinkel an der positiv überhöhten Schneidkante.

kel γ_3, d. h. den Winkel der Brustfläche gegen die Auflagefläche, gemessen in der Ebene III—III, die senkrecht zur Stahlachse und senkrecht zur Auflagefäche steht. Nennt die Werkstatt mit Taylor den Hauptbrustwinkel γ_n auch Seitenschleifwinkel, so nennt sie den vorderen Brustwinkel γ_2 auch Hinterschleifwinkel. Während γ_n den eigentlichen Schneidvorgang bestimmt, ist γ_2 wesentlich für den Schaftdruck und γ_3 wesentlich für den Vorschubdruck.

Wo ganz allgemein vom Brustwinkel gesprochen wird, ist stets der Normalbrustwinkel γ_n gemeint. Bei der Klopstockschneide ist der wirksame Brustwinkel der Normalbrustwinkel.

Die Brustwinkel γ_2 und γ_3 erhalten ihre Bedeutung nicht nur durch ihren Einfluß auf die Schnittdrücke, sondern auch durch einen andern Umstand. Der Schneidkopf wird nämlich durch Schleifen auf Sondermaschinen mit Winkelanstellung hergestellt. Diese erzeugen aber den Normalbrustwinkel nicht unmittelbar, sondern erst auf Umwegen, da sie nur den vorderen und den seitlichen Brustwinkel anschleifen[1]). Dabei entsteht der Normalbrustwinkel, der eigentliche Spanwinkel, von selbst. Dieser hat eine bestimmte Größe, wenn die zum Zerspanen notwendige Arbeit möglichst niedrig sein soll. Damit man γ_2 und γ_3 auf der Schleifmaschine richtig einstellt, kann man sie in einer Tafel zu den üblichen Normalbrustwinkeln ablesen. Allerdings gelten diese Tafeln nur für wagrechte Schneiden.

Zeichnet man in Abb. 9 den Stahl ein, Abb. 12 und 13, so schneidet die Spur der Brust- und Auflagefläche die Verlängerung der Schneidkante $a\,b$ links oder rechts vom Stahl oder überhaupt nicht, Abb. 14.

Hiernach unterscheidet man mit Bezug auf die Lage der Schneidkante (Hauptschneide) zur Auflagefläche des Stahls positiv überhöhte Schneidkanten, d. h. solche, die in der Vorschubrichtung abfallen, Abb. 15 und 16, und deren Spitze a höher liegt als die Spitze b, ferner negativ überhöhte Schneidkanten, d. h. solche, die in der Vorschubrichtung ansteigen, Abb. 17 und 18, und deren Spitze b höher liegt als die Spitze a, und schließlich wagrechte Schneidkanten, Abb. 19 und 20, bei denen $a\,b$ parallel zur Auflage-

[1]) E. Simon, „Schneidstähle", 2. Aufl. S. 99.

Abb. 25 und 26. Die Brustwinkel an der wagerechten Schneidkante.

fläche ist. Bei den überhöhten Schneiden mißt man deren Höhenwinkel ϱ gegen die Auflagefläche in der Ebene in Richtung der Schneidkante senkrecht zur Auflagefläche.

Es fragt sich nun, wie man die Winkel γ_2 und γ_3 der oben erwähnten Tafel berechnen kann. Ob die Schneidkante positiv oder negativ überhöht oder wagrecht sein soll, wird bei gegebenem Neigungswinkel φ der Schneidkante durch die Lage der Brustfläche bestimmt. Dabei kann der Normalbrustwinkel γ_n in allen drei Fällen gleich sein. Die Lage der Brustfläche bestimmt neben dem Normalbrustwinkel ein neuer Winkel ψ, Abb. 21 und 22, den die Spur der Brustfläche und der Auflagefläche mit der Senkrechten zur Stahlachse bildet, gemessen in der Ebene der Auflagefläche. Da man Winkel γ_n auf der Schleifmaschine nur mittels der Winkel γ_2 und γ_3 erzeugen kann, braucht man zum Bestimmen der Brustfläche die Winkel γ_2, γ_3 und ψ, und zum Bestimmen der Schneidkante die Winkel φ, γ_2, γ_3 und ψ. Hiervon kann man die Winkel φ, γ_n und ψ annehmen, während γ_2 und γ_3 berechnet werden müssen.

Das Verfahren wird an andrer Stelle angegeben werden; hier seien nur die Ergebnisse mitgeteilt:

a) Schräge Schneide mit positiver Überhöhung, Abb. 21 und 22.

$$\operatorname{cotg} \gamma_1 = \frac{\operatorname{cotg} \gamma_n}{\cos(\varphi - \psi)} \quad \ldots \quad (1)$$

$$\operatorname{cotg} \gamma_2 = \frac{\operatorname{cotg} \gamma_n}{\cos \psi} \quad \ldots \quad (2)$$

$$\operatorname{cotg} \gamma_3 = \frac{\operatorname{cotg} \gamma_n}{\sin \psi} \quad \ldots \quad (3)$$

$$\operatorname{cotg} \varrho = \frac{\operatorname{cotg} \gamma_n}{\sin(\varphi - \psi)} \quad \ldots \quad (4).$$

b) Schräge Schneide mit negativer Überhöhung, Abb. 23 und 24.

$$\operatorname{cotg} \gamma_1 = \frac{\operatorname{cotg} \gamma_n}{\cos(\psi - \varphi)} \quad \ldots \quad (5)$$

$$\operatorname{cotg} \gamma_2 = \frac{\operatorname{cotg} \gamma_n}{\cos \psi} \quad \ldots \quad (6)$$

$$\operatorname{cotg} \gamma_3 = \frac{\operatorname{cotg} \gamma_n}{\sin \psi} \quad \ldots \quad (7)$$

$$\operatorname{cotg} \varrho = \frac{\operatorname{cotg} \gamma_n}{\sin(\psi - \varphi)} \quad \ldots \quad (8).$$

c) Schräge, wagrechte Schneide, Abb. 25 und 26,

$$\gamma_1 = \gamma_n \quad \ldots \quad (9)$$

$$\operatorname{cotg} \gamma_2 = \frac{\operatorname{cotg} \gamma_n}{\cos \psi} = \frac{\operatorname{cotg} \gamma_1}{\cos \varphi} \quad \ldots \quad (10)$$

$$\operatorname{cotg} \gamma_3 = \frac{\operatorname{cotg} \gamma_n}{\sin \psi} = \frac{\operatorname{cotg} \gamma_1}{\sin \varphi} \quad \ldots \quad (11)$$

$$\varrho = 0 \quad \ldots \quad (12)$$

Abb. 23 und 24.
Die Brustwinkel am Stahl bei negativ überhöhter Schneidkante.

Für die Wahl des Winkels γ_n geben die Zahlentafeln in den Handbüchern[1]) genügenden Anhalt. Der Neigungswinkel φ beträgt gewöhnlich zwischen 30 und 45°. So bleibt noch ψ zu bestimmen.

Es sei eine schräge Schneide unter $\varphi = 30°$ mit negativer Überhöhung von $\varrho = 10°$ und einem (Normal-) Brustwinkel $\gamma_n = 20°$ nach Abb. 27 bis 32 herzustellen, also gegeben φ, γ_n und ϱ, gesucht γ_2 und γ_3. Dazu muß zwar erst noch ψ gegeben sein, doch kann man ψ nicht mehr wie φ, γ_n und ϱ willkürlich wählen, vielmehr findet man ψ aus Abb. 33, $\psi = 60°$. Mit dem Wert von ψ findet man aus Abb. 34 $\gamma_2 = 10° \, 30'$ und $\gamma_3 = 17° \, 30'$.

Abb. 27 bis 32. Stahl mit negativer Überhöhung; Bestimmung von ψ.

Zu den erwähnten Kennzeichen für die Stellung **der Schneidkante** gegenüber der Auflagefläche liefern **die Gleichungen** noch weitere: bei der positiv **überhöhten Schneide** ist $\varphi > \psi$, bei der negativ über**höhten Schneide** ist $\varphi < \psi$, und bei der wagerech**ten Schneide ist** $\varphi = \psi$. Dieses Merkmal kann man **benutzen, wenn** man eine der drei Arten von Schnei**den anschleifen** soll. Dabei kann man ψ nicht **selbständig wählen**, sondern nur abhängig von φ, γ_n **und** ϱ.

Die Gleichungen lassen weiter erkennen, daß γ_n **im Gegensatz** zu φ und ψ auf die Stellung der **Schneidkante zur** Auflagefläche keinen Einfluß hat, **also alle drei** Arten von Schneiden gleiche Win**kel** γ_n **haben** können. Die Lage der Brustfläche **hat also nichts mit** ihrer Neigung zu tun. Sie bestimmt die **Stellung der Schneide**; die Neigung der Brustfläche be**stimmt** γ_n, **wovon** der Aufwand für Spanabtrennung, Stauch**arbeit und Spand**ruck abhängt.

Daraus könnte man folgern, daß es für den Arbeitsauf**wand beim Schnei**den gleichgültig sei, ob man eine wagrechte **oder überhöhte** Schneide verwendet, wenn nur jedesmal γ_n **gleich bleibt. Dem** ist jedoch nicht so, sondern für leichtes, **wirtschaftliches** Zerspanen hat nicht nur γ_n, sondern auch φ **und** ψ **Bedeutung**, wenngleich γ_n dabei der überragende **Einfluß zukommt.**

Abb. 33. Stahlwinkeldiagramm nebst Schema (rechts Mitte).

Abb. 34. Brustwinkeldiagramm nebst Schema (rechts oben).

Mit Hilfe der Tafeln, Abb. 33 und 34, kann man jede der drei Schneidenformen auf der Winkelschleifmaschine herstellen.

Daß bei den erwähnten drei Grundformen der Schneide trotz der verschiedenen Lage der Brustfläche der Normalbrustwinkel γ_n jedesmal gleich sein kann, zeigt die Zusammenstellung in Abb. 35 für eine unter $\varphi = 45°$ geneigte Schneide. Die negativ überhöhte, die wagerechte und die positiv überhöhte Schneidkante haben alle drei den gleichen Normalbrustwinkel $\gamma_n = 5°$. Der Hilfswinkel ψ ist für die negativ und positiv überhöhte Schneide nicht berechnet, sondern mit $\psi = 75°$ und 15° angenommen, während die Winkel ϱ berechnet sind. Für die wagrechte Schneide dagegen darf man ψ nicht frei wählen, **da hier** $\varphi - \psi = 0$ ist; hier ist $\psi = 45°$. **Außer für** $\gamma_n = 5°$ sind die drei Schneiden **auch für** $\gamma_n = 15°$ und 25° aufgezeichnet. **Abb. 35 zeigt,** daß der Höhenwinkel ϱ stets **kleiner als** γ_n **ist.**

[1]) Vergl. „Hütte", Taschenbuch **für den Betriebsingenieur**, 2. Aufl., S. 954.

$\varphi = 45°$	negativ überhöhte Schneidkante $\psi = 75°$	wagerechte Schneidkante $\psi = 45°$	positiv überhöhte Schneidkante $\psi = 15°$
$\gamma_n = 5°$	$\varrho = 2°30'$, $\gamma_2 = 1°18'$, $\gamma_3 = 4°50'$	$\varrho = 0°$, $\gamma_2 = 3°32'$, $\gamma_3 = 3°32'$	$\varrho = 2°30'$, $\gamma_2 = 4°50'$, $\gamma_3 = 1°18'$
$\gamma_n = 15°$	$\varrho = 7°38'$, $\gamma_2 = 3°58'$, $\gamma_3 = 14°31'$	$\varrho = 0°$, $\gamma_2 = 10°44'$, $\gamma_3 = 10°44'$	$\varrho = 7°38'$, $\gamma_2 = 14°31'$, $\gamma_3 = 3°58$
$\gamma_n = 25°$	$\varrho = 13°7'$, $\gamma_2 = 6°53'$, $\gamma_3 = 24°15'$	$\varrho = 0°$, $\gamma_2 = 18°15'$, $\gamma_3 = 18°15'$	$\varrho = 13°7'$, $\gamma_2 = 24°15'$, $\gamma_3 = 6°53'$

Abb. 15. Darstellung der Abhängigkeit der Stahlwinkel von der Lage der Brustfläche bei gleichbleibendem $\varphi = 45°$.

Weiter ist bei wagrechter Schneide $\gamma_2 = \gamma_3$, weil $\psi = 45°$ ist, und dies ist wieder die Folge davon, daß $\varphi = 45°$ gewählt wurde. Für jeden andern Wert von φ sind γ_2 und γ_3 verschieden. Die Winkel γ_2 der negativ überhöhten Schneide und γ_3 der positiv überhöhten sind in Abb. 35 stets gleich, weil $\varphi = 45°$ gewählt wurde und $\psi = 75°$ und $\psi = 15°$ dazu symmetrisch liegen.

[B 1015]

Karusselldrehbänke.

Die Maschinenfabrik Schieß A.-G., Düsseldorf, ist von dem sonst wohl üblichen Grundsatz abgegangen, auf der Leipziger Maschinenmesse einen Überblick über ihr gesamtes umfangreiches Arbeitsgebiet zu bieten, sie beschränkt sich vielmehr darauf, eine einzelne Maschinengattung, diese aber in zahlreichen, für verschiedenartige Verwendungen geeigneten Ausführungen vorzuführen. Auf der diesjährigen Frühjahrsmesse werden lediglich Karusselldrehbänke gezeigt, worauf man mittels Sondereinrichtungen Werkstücke häufig in einer einzigen Aufspannung vollständig bearbeiten kann.

Je nach Größe und Leistung erhalten diese Maschinen einen oder zwei Ständer. Einständermaschinen genügen für Stücke zwischen rd. 600 und 1450 mm Dmr., während Zweiständermaschinen für Werkstücke bis zu 14 000 mm und in Sonderfällen auch noch größeren Durchmessern geliefert werden. Das kleinste Modell für 600 mm Drehdurchmesser eignet sich besonders für Ventilkörper, Deckel, Zylinder, Radkörper, Seilrollen usw. im allgemeinen Maschinenbau sowie insbesondre im Bau von Hebezeugen. Außer der Dreharbeit führen die Maschinen auch Stoß- und Fräsarbeiten aus. Von Sondereinrichtungen sind Vorrichtungen zum Bohren mit senkrechter Bohrstange, Gewindeschneiden, Kegeligdrehen mittels Lineals für geringe Winkel und mit Hilfe von Wechselrädern für Winkel bis zu 45°, Balligdrehen, Stoßen und Fräsen mittels Frässupports zu erwähnen. Zum Teil werden auch Revolverköpfe angebaut.

Die Karusselldrehbänke von Sondermann & Stier A.-G., Chemnitz, haben einen mit der Maschine geschickt verbundenen elektrischen Antrieb. Eine Drehbank mit 1500 mm größtem Drehdurchmesser hat zum Antrieb des Drehtisches einen Regelmotor von 12 bis 14 PS, dessen Schaltwalzenanlasser man durch Verdrehungen eines um die Planscheibe herumgelegten Reifens von jedem beliebigen Standpunkt des Arbeiters aus betätigen kann. Rückwärtsdrehen dieses Reifens über den Nullpunkt hinaus bremst die Planscheibe. Ein zweiter, mit unveränderlicher Geschwindigkeit laufender Elektromotor von rd. 1,8 PS Leistung dient zum Antrieb der senkrechten und wagerechten Schnellbewegung beider Supporte am Querträger sowie des Querträgers an den Ständern der Maschine. Zum Steuern dieser Antriebe dient eine Druckknopfschaltung an der Vorderseite der Maschine, womit man die Maschine auch sofort stillsetzen kann. An den Maschinen mit senkrechtem Revolversupport und seitlichem Support werden die Eilbewegungen durch Fußhebel ausgelöst. Kl.

[N 153]

Die selbsttätigen Arbeitsmaschinen.

Von Oberingenieur Ph. Kelle, Berlin.

In Form eines Vorberichtes über die Maschinenschau Leipzig 1925 wird der heutige Stand der selbsttätigen Arbeitsmaschinen erörtert und das Problem der selbsttätigen Bearbeitung daraufhin untersucht, ob ihr heutiger Stand den Anforderungen der Produktionswirtschaft entspricht. Vorschläge für die weitere Entwicklung der selbsttätigen Bearbeitung.

Die selbsttätige Bearbeitung von Werkstücken setzte ein — zuerst in Amerika — zu dem Zeitpunkt, wo die Produktion so weit gediehen war, daß eine größere Anzahl von gleichen Werkstücken nacheinander bearbeitet werden konnte. Dieser Zeitpunkt kam in Deutschland erheblich später, und als wir auch so weit waren, hatten die Amerikaner im Automatenbetrieb bereits so beträchtliche Erfahrungen, daß man naturgemäß in Deutschland zunächst die amerikanischen Automaten benutzte. Als der Automatenbetrieb mehr und mehr bei uns an Boden gewann, wurden die amerikanischen Maschinen mit sehr verschiedenen Erfolgen nachgebaut. Teils ist man hinter dem Vorbild zurückgeblieben, teils hat man es erreicht, teils sogar übertroffen. Im Laufe der letzten Jahre sind ferner Automaten ohne amerikanisches Vorbild entstanden, so daß man wohl von deutschen Originalmaschinen reden kann.

Wie ist nun das Ergebnis heute, nachdem wir auch in Deutschland auf eine etwa 15jährige Überlieferung im Automatenbetrieb zurückblikken können, abgesehen von einigen wenigen Firmen, die schon mehrere Jahre früher mit dem Bau von selbsttätigen Maschinen begonnen haben? Ist der Automatenbetrieb in einem allgemein befriedigendem Zustand? Ja oder Nein!

Ja, soweit es sich um die Konstruktion und Ausführung der selbsttätigen Arbeitsmaschine selbst handelt. In diesem Punkt können wir heute von Amerika vollständig unabhängig sein. Wir können dies, wenn wir folgendes berücksichtigen:

Dem vielfach theoretisch weiter vorgebildeten deutschen Konstrukteur gelingt die rein konstruktive Lösung mindestens ebensogut, vielfach besser als dem amerikanischen. Das wird auch dadurch bestätigt, daß eine Anzahl der amerikanischen Automaten von deutschen oder ehemals deutschen Konstrukteuren stammt. In Zukunft ist jedoch unbedingt ein engerer Kontakt des Konstrukteurs der Maschine und besonders der Werkzeugeinrichtung mit dem Verbraucher der Maschine erforderlich. Die Konstruktion der Werkzeuge muß sich mehr als bisher nach rein praktischen Gesichtspunkten in engster Fühlung mit der Werkstatt des Käufers richten.

Der Werkstoff, der beim Bau der Automaten verwendet wird, muß von allererster Güte sein und die Ausführung einwandfrei. Nie darf vergessen werden, daß die Sorgfalt, die der bedienende Arbeiter der Maschine zuwendet, bei dem Automaten, der ohne Bedienung allein arbeiten soll, in die Maschine selbst auch hineingelegt werden muß. Wird dies alles beherzigt, so sind wir zweifellos heute in der Lage, den amerikanischen gleichwertige Maschinen zu bauen.

Abb. 1. Selbsttätige Schrauben- und Fassonbank für kleine Stangenarbeiten von Gebr. Thiel, Ruhla i. Thür.

Auf die obige Frage ist aber mit nein zu antworten, soweit es sich um den Automatenbetrieb in der Werkstatt selbst handelt. Hier herrscht, von rühmlichen Ausnahmen abgesehen, kein allgemein befriedigender Zustand. Dies liegt teils am Lieferer, teils am Käufer der Maschine und hat fast immer einen der folgenden Gründe:

1. Die nötigen Reihen von Werkstücken sind nicht vorhanden, und das dadurch bedingte häufige Umrichten der Maschine gleicht die erreichte Verbilligung der Löhne wieder vollständig aus. Auch stehen die Werkzeugkosten in keinem richtigen Verhältnis zu den Löhnen.

2. Es sind nur ein oder zwei Automaten vorhanden, daher besteht keine Möglichkeit, den Lohn des Einrichters auf mehr Maschinen zu verteilen. Der Vorteil des Automaten, besonders des Einspindlers, besteht weniger in einer geringeren Arbeitzeit gegenüber der Revolverbank, als vielmehr darin, daß ein Arbeiter bis zu sechs Automaten gleichzeitig bedienen kann und dadurch der Lohn für ein Werkstück auf $^1/_6$ vermindert wird.

3. Bei Bestellung der Maschine sind nicht alle Fragen über den zu bearbeitenden Werkstoff, die erforderliche Genauigkeit usw. restlos klargestellt worden, und infolgedessen ergeben sich beim Betrieb Meinungsverschiedenheiten zwischen Lieferer und Käufer.

4. Für die Einrichtung des Automaten fehlt ein fachmännischer Einrichter, Meister oder Betriebsleiter.

Zu diesem Punkt muß leider offen ausgesprochen werden, ohne den Lieferer verteidigen oder dem Käufer einen Vorwurf machen zu wollen, daß vielfach in deutschen Werkstätten nicht nur die richtigen Leute zum Einrichten der Automaten fehlen, sondern auch bei den in Frage kommenden Stellen, wie z. B. Meistern, Betriebsleitern usw., noch nicht das richtige Verständnis für den Automatenbetrieb vorhanden ist. Einige Ausnahmen ändern hieran nichts. Welch großen Einfluß gerade dieser Umstand hat und welch günstige Ergebnisse mit deutschen Maschinen erzielt werden können, zeigt ein praktischer Fall, wo ein mit Automaten sehr vertrauter technischer Direktor durch entsprechende Beeinflussung und Erziehung der Werkstatt ein verwickeltes Werkstück im Dauerbetrieb mit einer Genauigkeit von $\pm$ 0,01 mm auf einer Reihe von zehn gleichen Automaten in verblüffend kurzer Zeit bearbeitet, ein Ergebnis, das der Lieferer der Maschine nicht zu gewährleisten gewagt hätte.

Zusammenfassend muß daher gesagt werden, daß, wenn auch der Automatenbetrieb in der Werkstatt in einen allgemein befriedigenden Zustand kommen soll, angestrebt und erreicht werden muß:

Normung der Fabrikation und Steigerung der Massenfertigung.

Richtige Verteilung der Löhne auf die nötige Anzahl von Automaten.

Vollkommene Klarstellung der Werkstoff-, Bearbeitungs- und Werkzeugfrage bei Automatenbetrieb.

Erziehung der Werkstatt zum Automatenbetrieb.

Nachstehend soll nun an der Hand der heute vorhandenen deutschen Automatenbauarten die Frage der automatischen Bearbeitungsweise erörtert werden.

Der mit den einfachsten Mitteln auszuführende Arbeitsgang ist das Drehen. Die weitaus meisten selbsttätigen Arbeitsmaschinen sind daher automatische Drehbänke. Erheblich geringer, weil schwieriger zu gestalten ist die Zahl der selbsttätigen Schleifmaschinen, Fräsmaschinen, Stoßmaschinen, Pressen, Stanzen usw.

Die selbsttätigen Arbeitsmaschinen lassen sich daher am besten in zwei Gruppen eingeteilt übersehen, nämlich:

Selbsttätige Drehbänke und selbsttätige Sondermaschinen.

Beide Gruppen sind in Deutschland seit einer Reihe von Jahren im Gebrauch, und ihre Zahl nimmt, entsprechend der immer mehr angestrebten Massenfertigung, stetig zu. Fast sämtliche Konstruktionen sind auf der diesjährigen Maschinenschau vertreten, indessen verbietet sich eine Behandlung sämtlicher Maschinen nicht nur aus Raumgründen in diesem Aufsatz, sondern weil sich naturgemäß häufig Wiederholungen ergeben würden. Daher ist zur Kennzeichnung des gesamten Gebietes je eine Maschine ihrer Gattung herausgegriffen.

Abb. 2 bis 6. Selbsttätige Schrauben- und Fassonbank für kleine Stangenarbeiten von Gebr. Thiel, Ruhla i. Thür.

Selbsttätige Drehbänke

lassen sich einteilen in solche für Stangenarbeiten und solche für Futterarbeiten, von denen wiederum die ersteren die weitaus größte Mehrzahl darstellen. Für kleinste und kleine Stangenarbeiten bis rd. 9 mm Dmr. und 70 mm Länge dienen die sogenannten Schrauben- und Fassonautomaten. Bei so kleinen Werkstücken ist die Arbeitzeit sehr kurz, beträgt nur Sekunden, und daher muß auch die Schaltzeit, die sogenannte Totzeit, ganz gering sein. Es ist daher kein zu schaltender Revolverkopf vorhanden. Alle Werkzeuge arbeiten möglichst gleichzeitig. Zu diesen Maschinen gehört auch der Thiel-Automat von Gebr. Thiel, Ruhla. Bei dieser Automatengattung[1]) vollführt der Spindelstock die axiale Vorschub- und Rückbewegung des Werkstoffes, während die Werkzeuge an einem auf dem Bett sitzenden Support angeordnet sind und Querbewegungen ausführen; sie werden teils von Querschnitten, teils von schwingenden Hebeln und dergl. betätigt. Ferner können die verschiedensten Zusatzapparate, wie z. B. Schlitzvorrichtung, Querbohrvorrichtung, Hinterbohrvorrichtung, Gewindeschneidvorrichtung usw., angebracht werden, und es ist daher möglich, Teile mit den verschiedensten Drehformen und mit einem oder zwei Gewinden außen und innen zu bearbeiten, Abb. 1 und 2 bis 6.

Auf dem Bett sitzt der Längsschlitten (Spindelstock), *a*, worin die Hauptspindel aus Stahl, gehärtet und geschliffen, in selbstölenden Bronzelagern läuft. Sie wird mit verschiedenen Geschwindigkeiten angetrieben durch die Stufenscheibe *b*. In der Hauptspindel sind die

Abb. 7. Stangenautomat für Arbeiten bis 30 mm Dmr. mit Schnellschaltung des Revolverkopfes, des Werkstoffvorschubes und des Geschwindigkeits- und Drehrichtungswechsels der Arbeitspindel.

[1]) s. a. Kelle, „Automaten", Berlin 1921, Julius Springer.

RZ86Z9-11

Abb. 9 bis 12. Einspindelautomat nach dem Mehrkurvensystem (Leipziger Werkzeug- und Maschinenfabrik vorm. W. v. Pittler A.-G.)

RZ86Z14

Abb. 14 und 15. Einspindelautomat nach Gridley für schwere Stangenarbeiten (Carl Hasse & Wrede, Berlin).

Abb. 13. Einspindelautomat nach dem Mehrkurvensystem (Ludw. Loewe & Co., Berlin).

Abb. 11 und 12.

durch Spannzangen bewirkte Materialeinspannung und der durch Gewicht betätigte Materialverschub angeordnet. Die selbsttätigen Bewegungen werden eingeleitet durch die Kurvenwelle *c*, die beim Einrichten der Maschine durch die Kurbel *d* von Hand gedreht werden kann und vom Deckenvorgelege durch einen Stufenwirtel angetrieben wird.

Die Kurve *e* bewirkt durch die Hebel *f*, *g* und die Spindelstockrolle *h* die Längsbewegung der Hauptspindel.

Abb. 15.

Durch Verstellen des Steines *i* kann die Bewegung im Verhältnis 1 : 1 bis 1 : 6 verändert werden. Begrenzt wird die Bewegung durch die Anschlagschraube *k*. Die Anordnung der Schraube *l* in Hebel *g* ermöglicht ohne Kurvenänderung beim Schraubendrehen eine Veränderung der Kopflänge. Kurve *m* und Hebel *n* betätigen die Materialeinspannung. Die Querbewegung der Werkzeuge im Querschlitten *o* wird durch Kurve *p* und Keil *q* bewirkt; durch Verstellen des letzteren kann man die Bewegung im Verhältnis 1 : 4 bis 1 : 10 verändern. Die Keilübersetzung von der Kurve auf die Drehstähle gibt eine Gewähr für Genauigkeit der Arbeitsstücke; Ring *r* dient als rückwärtiger Anschlag. Der dritte Querstahl zum Ein- und Abstechen wird bewegt durch Kurve *s*, Schraube *t* und Hebel *u*.

Die Nockenstücke *v*, *w*, *x*, *y* und *z* sind bestimmt für die Bohr- und Gewindeschneideapparate, die Kurven a_1, b_1 für den Schlitzapparat c_1, die Kurve d_1 für den Sortierapparat, der Arbeitstücke und Späne trennt.

Die Maschine arbeitet mit Vierkantstählen und runden Formmessern, e_1. Bei kurzen Arbeitstücken, die nur mit Formstahl gedreht werden, wird der Spindelstock durch Schraube f_1 festgestellt. Eine Kegeldrehvorrichtung ermöglicht, kegelige Stifte bis 50 mm Länge mit einem Kegelwinkel bis 7° zu drehen.

Einen Stangenautomaten für Arbeitstücke bis 30 mm Dmr. bauen die Index-Werke, Eßlingen, Abb. 7. Er gehört zur Bauart Brown & Sharpe und hat zwar einen Revolverkopf, aber mit sehr schneller Schaltung. Bei der Konstruktion des in dieser Ausführung erstmalig auf der Maschinenschau Leipzig 1925 vorgeführten Hochleistungs-Revolverautomaten war an erster Stelle der Gedanke leitend, durch eine außerordentlich kräftige Gestaltung sowohl den gesteigerten Ausnutzungsmöglichkeiten der neuesten Schnellstahlsorten als auch den gesteigerten Ge-

Abb. 8. Plan des Mehrkurvensystems.

Abb. 16. Vollständig unterstützter Werkzeughalter für sechs Werkzeughalter. Werkzeuge von Hasse & Wrede.

nauigkeitsansprüchen neuzeitlicher, wirtschaftlicher Fertigung bei denkbar höchster Leistung zu entsprechen. Die reichlich bemessenen Lagerungen der kräftigen Arbeitsspindel als auch die langen nachstellbaren Flachbahnführungen des Revolverschlittens und der Seitenschlitten sind bemerkenswert.

Zum Erzielen einer möglichst großen Arbeitsleistung werden die Leerlauf- und Schaltbewegungen durch eine raschlaufende Hilfssteuerwelle betätigt. Die Leerlauf- und Schaltzeiten betragen infolgedessen:

zwangläufig schneller Rückzug des Revolverschlittens in Verbindung mit seiner Schaltung	1 s
Werkstoffvorschub und Einspannung	1 s
Umschalten der Arbeitspindel von Rechts- auf Linksgang oder umgekehrt	0,5 s
Schalten der Arbeitspindel von Schnell- auf Langsamgang oder umgekehrt	0,5 s

Der Antrieb erfolgt durch eine auf Kugellagern laufende Randriemenscheibe oder durch einen Flansch-Elektromotor, dessen Drehzahl durch ein eingeschaltetes Rädervorgelege auf die erforderliche Drehzahl herabgesetzt wird. Bei Einriemenantrieb wird die Antriebscheibe mittels einer kräftigen, durch Handhebel einrückbaren Kupplung mit der Hauptwelle des im Untergestell angeordneten Getriebekastens gekuppelt. Letzterer ist mit einer Reibkupplung für die selbsttätige Schaltung auf Schnell- oder Langsamgang ausgerüstet. Durch Auswechseln von acht Wechselrädern können 16 Rechts- und 16 Linksgeschwindigkeiten erzielt werden, wovon stets zwei Linksgeschwindigkeiten für den Drehgang und zwei Rechtsgeschwindigkeiten für das Gewindeschneiden, Reiben und dergleichen wahlweise durch selbsttätiges Schalten zur Verfügung stehen.

Die Arbeitspindel wird vom Getriebekasten aus angetrieben; zwei kräftige Rollenketten treiben zwei in entgegengesetzter Richtung laufende Hohlreibkegel, mit denen die Arbeitspindel wechselweise durch selbsttätiges Schalten mittels eines Doppelreibkegels gekuppelt wird.

Von der Hauptantriebwelle aus wird durch einen gekreuzten Riemen die auf der Rückseite der Maschine angeordnete Hilfssteuerwelle mit gleichbleibender Geschwindigkeit angetrieben. Diese treibt durch Wechselräder ein Schneckengetriebe, dessen Schneckenradwelle einerseits die Revolverkurvenscheibe trägt, anderseits die Drehung mittels Kegelräder auf die vordere, die Seitenschlitten-Kurvenscheiben tragende Steuerwelle weiterleitet. Die auf dieser sitzenden Schaltnockenscheiben und die darauf befestigten Schaltnocken betätigen durch entsprechende Schalthebel die Auslösung der verschiedenen auf der hinteren Hilfssteuerwelle angeordneten Schaltkupplungen, die die einzelnen Schnellschaltbewegungen in den bereits vorher genannten Schaltzeiten auslösen.

Der wagerecht gelagerte Revolverkopf, dessen Arbeitslänge 75 mm beträgt, wird durch einen kräftigen mit nachstellbaren Keilleisten versehenen Flachbahnschlitten geführt. Bei der durch ein Maltheserkreuz bewirkten Schaltung des Revolverkopfes erfolgt gleichzeitig durch ein Kurbelgetriebe der zwangläufige Rückzug des Revolverschlittens. Verriegelt wird der Revolverkopf durch einen kräftigen Riegelbolzen. Die Vorschublänge wird durch eine links oben sichtbare Kurbel eingestellt; der Vorschubweg kann an einer auf der Flachbahnführung des Vorschubschlittens angebrachten Millimeterteilung abgelesen werden.

Zur Erweiterung des Arbeitsbereiches können eine Anzahl Zusatzeinrichtungen benutzt werden, von denen die Schnellbohreinrichtung und die Schlitzeinrichtung ihren Antrieb durch eine besondere Antriebeinrichtung erhalten. Diese wird in einer Bohrung des Spindelkastengehäuses befestigt und von dem linken Teil der Hilfssteuerwelle angetrieben, das ständig auch bei Stillstand der eigentlichen, die Schaltkupplungen tragenden Hilfssteuerwelle, angetrieben wird.

Alle Zusatzeinrichtungen, wie dritter Seitenschlitten, Schnellbohreinrichtung, Schlitzeinrichtung, Außenvorschubeinrichtung usw. können gleichzeitig angewendet werden. Der dritte Seitenschlitten wird an der Rückseite des Spindelkastengehäuses mittels zweier in einer schrägen T-Nut sitzenden Spannbolzen verschiebbar befestigt, während die Schlitzeinrichtung an der Vorderseite des Spindelkastens angebracht wird. Die Schlitzeinrichtung ist mit einer selbsttätigen Ausschaltung ausgerüstet, die in Tätigkeit tritt, sobald der im Arbeitsbereich der übrigen Werkzeuge arbeitende Schwinggreifer infolge irgendwelcher Störungen oder Hemmungen seine vorgeschriebenen Bewegungen nicht ausführen kann. Als Sicherheit gegen die dann unvermeidliche Beschädigung der Werkzeuge oder Bruch irgendeines Maschinenteiles ist eine Sicherheitskupplung vorgesehen.

Für kleinere Stangenarbeiten sei ferner auf die Modelle A I und A II der Firma Pittler, Leipzig, hingewiesen sowie auf die Formautomaten von Alfred H. Schütte, Köln. Diese Maschinen arbeiten nach dem Mehrkurvensystem (s. Kelle, „Automaten") und haben ebenfalls eine verhältnismäßig kurze Schaltzeit. Auch die kleinen Automaten von Ludw. Loewe & Co. gehören in dieses Gebiet (s. Schluß des Aufsatzes in Heft 9).

Abb. 21. Einspindelautomat mit Einscheibenantrieb (Gebr. Böhringer, Göppingen).

Abb. 17 bis 20. Verwendung des Stangenautomaten von Carl Hasse & Wrede als Halbautomat für Futterarbeiten.

a 1. Arbeitsgang Flansch schruppen und schlichten
b 2. „ Bohrung schruppen
c 3. „ „
d 4. Aufreiben und Kanten brechen.

Abb. 23. Schaltanordnung des Mehrspindelautomaten, s. Abb. 22.

Für mittlere Stangenarbeiten kommen nur Maschinen mit Revolverkopf in Frage, da die Zahl der Werkzeuge dies verlangt. Sie arbeiten fast ausnahmslos nach dem Mehrkurvensystem zwecks möglichst schneller Schaltung und geringer Totzeit. Bei dieser Anordnung, Abb. 8, S. 237, ist eine einzige Steuerwelle vorhanden, die beim Arbeiten langsam, beim Schalten schnell umläuft und auf der alle für die Betätigung des Automaten erforderlichen Kurven, Nocken, Anschläge usw. sitzen. Je zugänglicher daher die Welle angeordnet ist, desto besser. In diese Gruppe gehören die Stangenautomaten der Firmen Pittler, Modell ATD, Abb. 9 bis 12, Ludw. Loewe, Abb. 13, und ähnliche Modelle.

Kommen schwerere Stangenarbeiten oder erhöhte Spanabnahme in Frage, so tritt der immer mehr Eingang findende Automat nach der Bauart Gridley in Tätigkeit. Abb. 14 und 15 zeigen die Ausführung der Firma Carl Hasse & Wrede, Berlin. Das kennzeichnende Merkmal dieser Maschinen ist der Revolverkopf. Während bei allen andern Bauarten der Revolverkopf aus einem sich drehenden und gleichzeitig verschiebenden Körper besteht, in dessen Bohrungen die Werkzeuge mit Schäften befestigt werden, führt der Gridley-Revolver nur eine schaltende Drehbewegung aus, und zwar in der hintersten Endstellung. Auf diesem Revolverkopf sind einzelne Schlitten geführt, von denen sich nur der jeweils in Arbeitstellung geschaltete Schlitten axial verschiebt.

Vorteile: Aufbau der Werkzeuge in großer Anzahl und in verschiedensten Kombinationen auf langen Werkzeugschlitten. Kein Überhang der Werkzeuge, sondern unmittelbare Unterstützung auf ganzer Grundfläche. Kein unnötiges Verschieben der nicht arbeitenden Werkzeuge. Große Arbeitslänge, da das Werkstück durch die Werkzeuge hindurchgeführt werden kann, ohne anzustoßen. Abb. 16 zeigt, wie ein Halter für sechs Werkzeuge vollständig unterstützt wird, eine Anordnung, die in gleicher Standfestigkeit bei andern Anordnungen nicht möglich ist.

Diese Maschinen für schwere Stangenarbeiten haben in den grö-

Abb. 22. Mehrspindelautomat der Acme-Bauart für Stangenarbeiten (Alfred H. Schütte, Köln).

RZ86Z24

RZ86Z25-26

Abb. 24 bis 26.
Mehrspindelautomat Bauart Gridley
(Carl Hasse & Wrede, Berlin).

ßeren Modellen einen kräftigen Räderspindelstock mit Einscheibenantrieb. Sie dienen für Stangenarbeiten von rd. 30 bis 120 mm Dmr. und können auch bis zu bestimmten Durchmessern sehr vorteilhaft für Futterarbeiten als Halbautomaten verwendet werden; Abb. 17 bis 20 zeigen beispielsweise die Bearbeitung einer Kraftwagenradnabe. Man sieht dort, wie die langen und breiten Werkzeugschlitten den Aufbau sehr kräftiger Werkzeuge ermöglichen, deren vorzügliche Unterstützung erheblich höhere Leistungen ergibt als von Halbautomaten, bei denen die Werkzeuge aus Löchern des Revolverkopfes frei herausragen. Abb. 21 zeigt die Ausführung von Gebr. Böhringer, Göppingen.

Für größere Stückzahlen kommen die mehrspindligen Stangenautomaten in Frage. In Deutschland werden hauptsächlich die beiden Bauarten Acme und Gridley benutzt. Abb. 22 zeigt die Ausführung der Acme-Bauart durch die Firma Alfred H. Schütte. Bei den Mehrspindlern wird bei jedem Werkstück die Arbeitszeit nur einmal durch das Schalten unterbrochen; je schneller dies geschieht, desto höher die Leistung.

In Abb. 23 ist die Schaltanordnung dargestellt. Auf der Steuerwelle sitzt der Daumen *a*, der mittels der Rollen *b* und *c* den Zahnsegmenthebel *d* hin- und herbewegt. Er nimmt die Räder *e* und *f* und die Spindeltrommel mit, und zwar in deren Pfeilrichtung. Im umgekehrter Richtung löst sich dagegen die Verbindung zwischen den Rädern *e* und *f* durch eine dazwischenliegende Schrägzahnkupplung.

Abb. 24 bis 26 zeigen die Ausführung des Gridley-Systems von Carl Hasse & Wrede. Auch hier wird durch ein Maltheserkreuz schnell geschaltet. Bemerkenswert ist der Revolverkopf, der als Block ausgebildet ist und die gleichen Vorteile bietet wie beim einspindligen Gridley, nämlich die vollkommene Unterstützung der Werkzeuge ohne jeden Überhang.

Ein weiterer Vorteil ist, daß der Revolverkopf auf einem zentrischen Schaft der Spindeltrommel geführt ist, was eine bessere Gewähr für eine dauernd genaue Lage der Werkzeuge zu den Arbeitspindeln bietet. Dieser Punkt ist wichtig, um so mehr, als noch heute viele Betriebfachmänner auf dem Standpunkt stehen, daß genaue Arbeiten auf dem Mehrspindler nicht möglich seien. Dies gilt nur für die wenigen Fälle, in denen man die genau zueinander laufenden Innen- und Außendurchmesser nicht in einer Stellung gleichzeitig schlichten kann.

(Schluß folgt.)

Werkzeugmaschinen für den Schiffbau.

Von Prof. Dr.-Ing. eh. Ludwig Noé, Danzig.

Nach Aufzählung der Anforderungen, die Werkzeugmaschinen für den Schiffbau erfüllen müssen, werden neuere Ausführungen von Blechrichtmaschinen, Biegepressen, Biegemaschinen, Rollenkröpfmaschinen, Scheren, Lochmaschinen, Blechhobelmaschinen, Ausschärfmaschinen, Sägen und Bohrmaschinen beschrieben. Zum Schluß werden Wege für die Zukunft angegeben.

Anforderungen an Schiffbau-Werkzeugmaschinen.

Während die deutschen Schiffswerften noch bis vor wenigen Jahrzehnten fast ausschließlich durch den englischen Markt mit Werkzeugmaschinen versorgt wurden, haben die deutschen Werkzeugmaschinenfabriken heute Leistungen aufzuweisen, die ein Zurückgreifen auf ausländische Erzeugnisse unnötig machen. Die Werkzeugmaschinen für den Schiffbau stellen wegen der besonderen von ihnen zu erfüllenden Bedingungen meist Sondertypen dar, die sich durchweg aber auf Maschinensorten gründen, die sich schon lange im allgemeinen Maschinen- und Kesselbau bewährt haben.

Bei der Beurteilung einer Werkzeugmaschine in bezug auf ihre Eignung für den Schiffbau sind die Anforderungen zu beachten, die sie erfüllen muß:

1. Die bekannte Wirtschaftslage der Schiffbauindustrien aller Länder fordert das höchste Maß an Wirtschaftlichkeit sowohl von der Maschine selbst als auch vom bisher vielfach vernachlässigten Antriebe. Da sich die auszuführenden Arbeiten meist regelmäßig wiederholen, verlohnt es sich, die Schiffbau-Werkzeugmaschinen für ihren Verwendungszweck als wirtschaftlichste Sondermaschinen auszubilden.

2. Da der Schiffbaubetrieb als ein recht grober angesprochen werden kann, müssen die Werkzeugmaschinen, die sich für schiffbauliche Bearbeitung eignen sollen, besonders stark und kräftig ausgeführt werden.

3. Die Aufstellung der Maschinen auf Schiffswerften erfolgt sehr oft in nur teilweise geschlossenen Hallen, so daß auf die Dauerhaftigkeit besonders gegenüber Witterungseinflüssen und Staub Rücksicht zu nehmen ist.

4. Im Schiffbau werden als Werkstücke meist sperrige Bleche und Profile verarbeitet, die beim Transport unhandlich sind und deshalb leicht gegen die Maschinen stoßen. Daraus ergibt sich die Forderung nach einem geschlossenen Bau, bei dem vorspringende leicht zerstörbare Teile vermieden sind.

5. Weil der Ausfall einer Sondermaschine besonders fühlbar ist, müssen Schiffbau-Werkzeugmaschinen eine stete Betriebsbereitschaft und eine besonders große Betriebsicherheit aufweisen.

6. Die sich aus den Zeitverhältnissen ergebende Notwendigkeit, oft ungeübte Leute verwenden zu müssen, stellt den Anspruch auf eine große Übersichtlichkeit und leichte Bedienbarkeit.

7. Da der Grund und Boden an schiffbaren Wasserläufen hoch im Preise steht und Werftanlagen fast nie mehrstöckige Bauweisen gestatten, muß man von Schiffbau-Werkzeugmaschinen einen geringen Platzbedarf fordern.

8. Der meist feuchte, nachgiebige Untergrund auf Schiffswerften bietet der Gründung von Werkzeugmaschinen besondere Schwierigkeiten, so daß man schon bei ihrem Bau darauf Rücksicht zu nehmen hat.

Die vorstehende Abhandlung will keinen Anspruch auf eine vollständige Übersicht über das Gebiet des gesamten Werkzeugmaschinenbaues für Schiffbauzwecke machen. Ihr Zweck ist, an einer Reihe von Beispielen den heutigen Stand des behandelten Gebietes zu zeigen. Dabei soll ausdrücklich hervorgehoben werden, daß die Nichterwähnung einzelner Firmen und ihrer Erzeugnisse durchaus kein Werturteil darstellen soll, vielmehr nur durch den gesteckten Rahmen bedingt ist. Leider hat die schlechte Lage in der Schiffbauindustrie es den Werften vielfach nicht gestattet, sich die neuesten Modelle der Werkzeugmaschinen anzuschaffen und diese selbst zu erproben, so daß hauptsächlich auf das in liebenswürdiger Weise bereitwilligst zur Verfügung gestellte Material einzelner Firmen zurückgegriffen werden muß.

Abb. 1 und 2 stellen den Grundriß und den Querschnitt einer Schiffbauhalle dar, die in bezug auf Raumausnutzung und Berücksichtigung der Arbeitsfolge den neuzeitlichsten Ansprüchen genügen dürfte. Die Pläne sind von der bekannten Maschinenfabrik Otto Froriep G. m. b. H., Rheydt, entworfen worden.

Blechrichtmaschinen.

Eine Blechrichtmaschine derselben Firma zeigt Abb. 3. Sie dient zum Richten von Blechen bis 2000 mm Breite und 25 mm Dicke in kaltem Zustande. Sie ist für unmittelbaren elektrischen Antrieb durch Kammwalzgerüst eingerichtet und mit einem Rollgang vor und hinter der Maschine von je 8 m Länge ausgerüstet. Als Vorzüge und Neuerungen dieser Maschinen werden hervorgehoben eine enge Walzenteilung und eine kräftige Unterstützung der oberen und unteren Richtwalzen in vier Punkten, wodurch eine Durchbiegung ausgeschlossen erscheint. Die Lagerkörper für die Richtwalzen sind kugelförmig ausgebildet, wodurch den geringfügigen Durchbiegungen der Walzen Rechnung getragen werden kann und ein gleichmäßiger Flächendruck auf die Lagerschalen und damit ein gleichmäßiger Verschleiß eintritt. Die Stützrollen mit ihrer Lagerung können leicht seitlich ausgebaut werden, ohne daß es nötig ist, andre Teile fortzunehmen. Jede einzelne Stützwalze kann durch verstellbare Keilstücke bequem eingestellt werden. Da Richt- und Unterstützungswalzen vollständig frei liegen, ist die Reinigungsmöglichkeit besonders gut. Die dachförmig ausgebildeten Unterstützungsträger und besondere Ausführungsrinnen an den Lagerstellen der Unterstützungswalzen gestatten, daß aller Sinter ohne Schaden unbehindert abfallen kann. Die Oberwalzen sind sorgfältig ausgerichtet, so daß ein geringer Verschleiß der Spindeln und Druckmuttern eintritt. Die Ein- und Ausführungswalzen können unabhängig von den Hauptrichtwalzen von Hand eingestellt werden. Der Verwendungsbereich zwischen der größten und der kleinsten Blechdicke ist sehr ausgedehnt. Gut übersichtlich angeordnete Zeigerwerke sowohl für die Anstellung der Oberwalzen als auch für die Anstellung der seitlichen Ein- und Ausführungswalzen erleichtern die Bedienung.

Eine Blechrichtmaschine der Firma Wagner & Co., Werkzeugmaschinenfabrik G. m. b. H., Dortmund, die bekannt ist auf dem Gebiete der Werkzeugmaschinen für Schiffswerften, zeigt Abb. 4. Sie stellt eine Blechrichtmaschine mit Antrieb aller Richtwalzen (Kammwalzantrieb) mit abgestützten Ober- und Unterwalzen dar. Diese Maschine wird besonders empfohlen für das Richten sowohl von dicken als auch von verhältnismäßig dünnen Blechen, wenn es sich um sehr breite Bleche oder Stahlbleche von hoher Festigkeit handelt. Durch den Antrieb aller Richtwalzen erhält die Maschine eine große Durchzugkraft, so daß eine gute Mitnahme auch von glatten, öligen oder warmen Blechen sichergestellt ist.

Als Neuerung gegenüber ihren früheren Ausführungen ist die Herstellung der Druckrollenträger in Eisenkonstruktion statt in Eisenguß zu erwähnen, wodurch große Modellkosten erspart werden. Der Druck der Oberwalzen wird durch die gleichzeitig als Zuganker ausgebildeten Anstellspindeln auf den Lagerkörper der Unterwalzen übertragen. Jede einzelne Druckrolle ist anstellbar und dadurch ein stetiges Mitlaufen aller Stützrollen gewährleistet. Da die Bleche die Richtwalzen in gebogenem Zustande verlassen, werden ein oder zwei Hilfswalzen oder Ausgangswalzen zum Geradebiegen angebracht, wodurch ein zeitraubendes Wenden entbehrlich werden kann. Der Antrieb kann erfolgen durch einen Wendemotor, der mittels elastischer Kupplung unmittelbar mit dem Vorgelege verbunden ist, oder von der Transmission aus durch offenen oder gekreuzten Riemen auf dreifache Scheibe. Der An-

Abb. 1 und 2. Entwurf einer Schiffbauhalle.

- *a* Blechrichtmaschine (250 × 25 mm) mit Rollgängen
- *b* Zweiständerblechschere (2500 × 30 mm)
- *c* Sonderlochstanze für 25 mm Blechdicke
- *d* Auslegerbohrmaschinen
- *e* Blechkantenhobelmaschine für 11 m Hobellänge
- *f* Schere, vereinigt mit Lochstanze für 20 mm Blechdicke
- *g* Profileisenschere, vereinigt mit Lochstanze und Blechschere
- *h* Einfache Blechschere für 20 mm Blechdicke
- *i* Joggelmaschine
- *k* Plattenbiegemaschine (10 m × 40 mm)
- *l* Schmiegemaschine mit Spantenplan und Glühofen
- *m* Lufthämmer
- *n* Rundfeuer
- *o* Langfeuer
- *p* doppelte Profileisenschere, vereinigt mit Balkenbiege- und Lochstanze
- *q* Wagerechtlochmaschinen
- *r* Wagerechtbohrmaschinen
- *s* schwenkbare Wagerechtbohrmaschinen
- *t* und *u* Versenkanlagen
- *v* Plattenglühofen
- *w* Druckwasser-Preßtisch
- *x* kleine Biegemaschine (100 mm größte Bohrung)
- *y* Ausklinkmaschine
- *z* schwere Auslegerbohrmaschine (6000 × 16 mm)
- a_1 doppelte Gehrungsschere, vereinigt mit Balkenbiege- und Lochstanze
- b_1 Exzenterpresse (200 × 16 mm)
- c_1 Exzenterpresse (700 × 16 mm)
- d_1 Schiffbaupresse
- e_1 Flanschierpresse
- f_1 Kielplattenbiegemaschine
- g_1 Druckwasserpumpen.

trieb ist auf einer kräftigen gußeisernen Antriebplatte aufgebaut. Die Walzen können entweder von Hand oder durch einen Wendemotor eingestellt werden.

Abb. 5 zeigt eine Blechrichtmaschine der Maschinenfabrik Schieß, A.-G., Düsseldorf, für die Einfachheit in der Bedienung und sauberste Arbeit bei größter Leistung geltend gemacht werden. Die Maschine weist ähnliche Vorzüge auf, wie sie bereits genannt wurden. Die Richt-

Abb. 5. Blechrichtmaschine (Schieß A.-G.).

Abb. 7. Druckwasser-Biegepresse für 750 t Preßdruck bei 2000 mm Ausladung (J. Banning A.-G.).

walzenunterstützung geschieht in der Weise, daß jede einzelne Richtwalze von zwei Stützrollen gefaßt wird, wodurch ein seitliches Wegschieben der Richtwalzen ausgeschlossen ist. Der Gesamtaufbau der Maschine ist kräftig und zeigt gute Formengebung. Auf einer schweren Grundplatte, die durch Untergießen mit dem Fundament innig verbunden ist, ruhen Ständer und Antriebkasten. Alle zur Steuerung der Maschine nötigen Handräder, Anlaßapparate, Meßgeräte usw. sind am Bedienungsplatz angeordnet, so daß der die Maschine bedienende Arbeiter die Arbeitsgänge gut zu übersehen vermag.

Eine Blechrichtmaschine der Maschinen- und Bohrgerätefabrik Alfr. Wirth & Co., Kommanditges., Erkelenz/Rhld., die wegen ihrer geschlossenen, kräftigen Bauart auffällt, gibt Abb. 6 wieder.

Abb. 4. Blechrichtmaschine mit Antrieb aller Richtwalzen (Wagner & Co.).

Pressen.

Die in Abb. 7 dargestellte schwere rein hydraulische Biegepresse für den Großschiffbau ist von der Firma J. Banning A.-G., Hamm i. W., konstruiert für einen Preßdruck von 750 t bei einer freien Ausladung von 2000 mm. Den zweiteiligen Ständer aus Stahlguß hat man an seinem hinteren Ende als Drehpunktlager ausgebildet, um ein von zusätzlichen Spannungen freies Auflager zu erhalten. Zwei dicke stählerne Säulen, die auf eine besondere Art in bleibende Spannung versetzt werden, bewirken eine innige Verbindung der beiden Ständerhälften. Die Bauhöhe der Presse beträgt 6550 mm, ihre Baulänge 6850 mm und das Gesamtgewicht 85 000 kg.

Abb. 3. Blechrichtmaschine für Bleche bis 2000 mm Breite und 25 mm Dicke mit zwei 8 m langen Rollgängen (Otto Froriep, G. m. b. H.).

Abb. 8 zeigt eine bemerkenswerte hydraulische Universal-Schiffbaupresse von Haniel & Lueg, Düsseldorf. Sie dient zum Kröpfen und Biegen von Winkeln und Blechen, zum Verrichten von Abkantarbeiten und ist auch zum Stanzen von Mannlöchern und Erleichterungslöchern geeignet. Die Presse hat ein kräftiges Gestell aus Stahlguß mit einem senkrechten und einem schräg angeordneten Preßzylinder. Am Ständer ist eine große wagerechte Tischfläche befestigt, die sauber bearbeitet und mit Nuten für die Befestigungsschrauben der Werkzeuge versehen ist. Zur Bedienung der Presse ist auf dem Gestell ein Kran angeordnet.

Eine Druckwasser-Sonderpresse für den Schiffbau von der Hydraulik-G. m. b. H., Duisburg, zeigt Abb. 9. Sie dient zum Biegen von Blechen sowie zum Kaltdurchsetzen (Joggeln) von Spanten und Blechen und ist auch zum Ausschneiden von Mannlöchern verwendbar. Die Presse ist mit einem wagerechten Zylinder ausgerüstet, der zum Öffnen und Schließen der Sonderwerkzeuge dient, so daß die Werkstücke leicht ein- und ausgebracht werden können. Der wagerechte Zylinder kann auch zu kleinen Bördelarbeiten verwendet werden.

Blechbiegemaschinen.

Eine Vierwalzen-Blechbiegemaschine der Firma Wagner & Co. gibt Abb. 10 wieder. Diese und die Dreiwalzenmaschinen werden neuerdings fast ausschließlich mit Antrieb durch einen in einer Drehrichtung laufenden Motor mit Reibwendegetriebe gebaut, weil das Steuern der Maschinen, d. h. die Vor- und Rücklaufbewegung der Walzen und das Anstellen der Oberwalze bei den Dreiwalzen-Blechbiegemaschinen und das Anstellen der Unter- und Seitenwalzen

Abb. 6. Blechrichtmaschine (Alfred Wirth & Co.).

Abb. 8. Universal-Schiffbaupresse mit senkrechtem und schrägem Preßzylinder (Haniel & Lueg).

Abb. 9. Druckwasser-Sonderpresse zum Biegen, Joggeln und Ausschneiden (Hydraulik-G. m. b. H.).

bei den Vierwalzen-Biegemaschinen auf die denkbar einfachste Weise durch Betätigung je eines Handhebels augenblicklich bewirkt wird, während bei der Verwendung von Wendemotoren ein Umsteuern der Bewegungsrichtungen durch den Drehrichtungswechsel der Motoren vorgenommen werden muß, was nicht mit einer solchen Plötzlichkeit wie im ersten Fall geschehen kann.

Die Maschinenfabrik Froriep hingegen hält an dem Antrieb durch umsteuerbaren Motor fest, weil er sich ihrer Erfahrung nach besser bewährt haben soll als die Wendegetriebe.

Eine sogenannte Kielplatten-Biegemaschine zum Biegen von Schiffsblechen bis zu den größten Längen und Dicken mit Druckwasserantrieb, erbaut von Haniel & Lueg, zeigt Abb. 11. Bei diesen Maschinen werden die Bleche beim Biegen auf der ganzen Länge zwischen zwei Balken fest eingespannt, und die eigentliche Biegearbeit wird durch eine starke Walze ausgeführt, die durch zwei Druckwasserzylinder — wie in der Abbildung sichtbar — bewegt wird. Die beiden Zylinder sind so eingerichtet, daß jeder für sich verstellt und gesteuert werden kann. Hierdurch ist man in der Lage, die Biegewalze nach der Form, in welche die Bleche zu biegen sind, einzustellen.

Die Maschinenfabrik Schieß baut Joggelmaschinen (Abkröpfmaschinen) für Bleche aller vorkommenden Dicken nach Abb. 12. Als besondere Vorzüge ihrer neuesten Bauart erwähnt sie die leichte Verstellbarkeit der Kröpfrollen — selbsttätig oder von Hand — die größte Übersichtlichkeit während der Arbeit und eine vielseitige Anwendungsmöglichkeit.

Gegenüber früheren Ausführungen hat die Firma Wagner & Co. ihre wagerechten Richt- und Biegepressen insofern umgebaut, als sie sie jetzt mit außen- statt wie bisher mit innenliegendem Stößel ausführt. Dadurch wird auch das Biegen sehr kleiner Durchmesser ermöglicht. Die erst vor kurzem fertiggestellte Bauart läßt Abb. 13 ersehen.

Abb. 10. Vierwalzen-Blechbiegemaschine mit Reibwendegetriebe (Wagner & Co.).

Lochmaschinen.

Eine Neuerung stellt auch die in Abb. 14 veranschaulichte wagerechte Lochmaschine, vereinigt mit Balkenbiegemaschine und doppelter Profileisen- und Gehrungsschere von Otto Froriep dar. Als besondere Vorzüge macht die Firma geltend: gemeinsamer Antrieb aller Werkzeuge von einer in der Mittelebene der Maschine angeordneten Hebelschwinge; gemeinsamer Abfallschacht und leichte Entfernung der Butzen und Abfallenden; auswechselbare Werkzeughalter

der Lochmaschine und einwandfreies Stanzen aller vorkommenden Flansch- und Steglochungen; um ihre Mittelachse drehbare Niederhalterfüße, wobei allseitige Beobachtung seitens des Arbeiters möglich ist; bequeme Tiefeneinstellung dieser Niederhalter durch eine gut greifbare Handschraube und vollständig freie Ausladung des Ständers; Einstellung des Stützbalkens der Biegepresse während des Biegevorganges; gemeinsame, dem jeweilig zu biegenden Profil entsprechende Einstellung der beiden Rollstützpunkte; unabhängige Ein- und Ausrückung der einzelnen Werkzeuge durch besondere Stahldruckstücke; leichte Bedienung dieser Druckstücke sowohl durch Hand- als auch durch Fußsteuerung, wodurch dem Arbeiter beide Hände für das Festhalten bzw. den Transport des Werkstückes freibleiben; Zerteilen aller vorkommenden Profile, wie Winkeleisen und Bulbeisen, ohne Schnittverlust und ohne Verformung des abfallenden Endes; Anschneiden von beliebigen linken und rechten Gehrungen bis zu den im Schiffbau allgemein üblichen Grenzen; Beanspruchung der Fasern des gefährlichen Querschnittes nur auf Zug, nicht auf exzentrische Biegung; große Stabilität; Verhütung von Brüchen; spielend leichte Bewegung der Drehkrane infolge Anwendung von Rollen- und Kugellagern.

RZ93Z11

Abb. 11. Kielplatten-Biegemaschine mit zwei einzeln einstellbaren Druckwasserkolben (Haniel & Lueg).

RZ93Z12

Abb. 12. Abkröpfmaschine mit selbsttätig und von Hand verstellbaren Kröpfrollen (Schieß A.-G.)

Scheren.

Zum Beschneiden von Blechen hat die Firma Haniel & Lueg eine hydraulische Blechtafelschere nach Abb. 15 herausgebracht. Die Scheren werden für die größten vorkommenden Bleche gebaut. Sie haben meistens mehrere Druckstufen, um unnützen Kraftverbrauch beim Schneiden dünner Bleche zu vermeiden. Das untere Schermesser ist feststehend und in dem die beiden Scherenständer verbindenden unteren Messerhalter befestigt. Das obere Schermesser ist beweglich und an dem zwischen den Scherenständern auf- und abgehenden Schlitten angeordnet. Der Scherdruck wird durch zwei Druckwasserzylinder erzeugt, die an den Scherenständern befestigt sind und von denen nur einer in der Abbildung sichtbar ist. Der Kolbendruck wird von den Preßzylindern durch eine in den Ständern gelagerte starke Welle auf den Messerschlitten übertragen. Hierdurch wird zugleich eine genaue Parallelführung des Messerschlittens erreicht, auch wenn der Scherdruck ganz am Ende der Schermesser angreift.

Wagner & Co. haben an ihren seit langen Jahren als Besonderheit gebauten mittleren und schwersten Zweiständer-Blechscheren für Wertestücke von 3000 × 5 mm bis 3000 × 50 mm in jüngster Zeit recht bemerkenswerte Änderungen hervorgebracht. Es hatte sich in der Praxis immer wieder gezeigt, daß der in seiner Bewegung voreilende, aber mit dem Obermesserbalken zwangläufig verbundene Blechniederhalter beim Aufsetzen auf die Blechtafel zuweilen gewissen Verschiebungen der Tafel hervorruft. Das macht sich besonders unangenehm dann bemerkbar, wenn die Blechtafeln mit Hilfe eines Schnittlinienanzeigers genau nach Anriß beschnitten

RZ93Z13

Abb. 13. Wagerechte Richt- und Biegepresse, neue Bauart mit außenliegendem Stößel (Wagner & Co.).

Abb. 14. Lochmaschine, vereinigt mit Balkenbiegemaschine und doppelter Profileisen- und Gehrungsschere (Otto Froriep G. m. b. H.).

werden sollen. Diesem Übelstande wurde dadurch abgeholfen, daß die Bewegung des Niederhalters von der Bewegung des Obermesserbalkens unabhängig gemacht wurde. Die Abwärts- und Rückwärtsbewegung des Niederhalters kann jetzt beim stillstehenden Obermesserbalken beliebig gesteuert werden. Anderseits kann die Abwärtsbewegung des Messerbalkens nur bei Aufsitzen des Niederhalters auf dem Blech eingeleitet werden.

Die Rücklaufbewegung des Niederhalters nach erfolgtem Schnitt geschieht selbsttätig. Weiterhin wird an Stelle der Bewegung der Exzenterwelle mit selbsttätiger Auflösung der bis vor kurzem üblichen Klauenkupplung zum Einleiten heute ausschließlich die Drehkeilkupplung Bauart John benutzt. Sie soll größte Betriebsicherheit und unbedingte Rückschlagsicherung durch Einbau eines zweiten Drehkeils verbürgen, ein unbeabsichtigtes Ingangkommen der Maschine verhüten und das augenblickliche Einschalten der Stößelbewegung ermöglichen. Die Betätigung erfolgt sehr leicht von Hand oder durch Fußtritthebel.

Eine weitere Neuerung derselben Firma stellt die Anwendung des Arbeitsreglermotors[1]) mit Druckknopfsteuerung im schwungradlosen Scherenbau vor. Eine derartige Maschine zeigt Abb. 16. Sie ist gebaut für Werkstücke bis zu 2250 × 20 mm. An Vorzügen dieser schwungradlosen Scheren mit Arbeitsreglerantrieb, bei denen für den Arbeitsreglermotor nur Gleichstrom in Frage kommt, ist zunächst zu nennen die große Stromersparnis durch Fortfall der Leerlaufarbeit dadurch, daß der Motor nach jedem Vollschnitt, d. h. nach jeder Abwärts- und Wiederaufwärtsbewegung des Obermesserbalkens selbsttätig stillgesetzt wird, und daß in den Arbeitspausen, die durchschnittlich im Scherenbetrieb mindestens ⅔ der ganzen Arbeitzeit betragen, kein Strom aufgenommen wird. Weiter findet durch den günstigen Aufbau des Antriebmotors, der als Gleichstromverbundmotor mit einem Regulierbereich von 1 : 4 bei gleichbleibender Leistung verlustlos selbsttätig regelbar und umkehrbar eingerichtet ist, die günstigste wirtschaftliche Ausnutzung der Maschine statt. Bei unterschiedlichen Schnittleistungen einer Maschine bleibt der Wirkungsgrad des Motors gleich, und zwar werden, durch die Eigenart dieses Arbeitsreglers bedingt, dünne Blechtafeln mit großer Schnittgeschwindigkeit und schwere Blechtafeln mit niedriger Schnittgeschwindigkeit zerteilt, ein Ergebnis, das als grundsätzlicher Fortschritt in der Motorausrüstung anzusprechen

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 6 u. .

Abb. 15. Hydraulische Blechtafelschere (Haniel & Lueg).

Abb. 16. Schere mit Arbeitsreglermotor (Wagner & Co.).

ist. Die Eigenart des Arbeitsreglers besteht also darin, sich selbsttätig in vollkommene Unabhängigkeit von den wechselnden Widerständen bei jedem Schnitt auf die jeweils günstigste Geschwindigkeit einzustellen. Durch das Fortfallen der Schwungmassen erübrigt sich ferner jedes Sicherheitsglied (Abscherkupplung im Getriebe).

Die äußerst günstige Getriebeanordnung, bei der nur zwei einfache Räderübersetzungen ohne Kupplung nötig sind und die praktisch nicht einfacher gedacht werden kann, drückt das Maschinengewicht beispielsweise für die abgebildete Schere um rd. 5 bis 6 vH herunter.

Eine bemerkenswerte Zweiständer-Blechschere zum Schneiden von Blechen bis 2200 bzw. 2500 mm Breite und 30 mm Dicke, mit hydraulischer Niederhaltung, Stemmkantenschneidvorrichtung und mit Quermessern, für unmittelbaren elektrischen Antrieb eingerichtet, erbaut von der Firma Froriep, geben Abb. 17 und 18 wieder.

Abb. 17. Zweiständer-Blechschere (Otto Froriep (G. m. b. H.).

Die beiden Hauptständer nehmen in ihren unteren Teilen den Untermesserblock auf, so daß die Anordnung ein starres Ganzes darstellt. Der Antrieb der Maschine erfolgt durch dreifaches Rädervorgelege. Der gesamte Antrieb ist auf einer mit den Ständern festverschraubten Grundplatte untergebracht und übersichtlich angeordnet. Die Schnittbewegung wird durch selbsttätige Schnellklauenkupplung ein- und ausgerückt. Mit der Gratzerkleinerungsvorrichtung ist es möglich, von einer Blechtafel Streifen abzuschneiden, ohne daß der abgetrennte Streifen durch das Obermesser beschädigt wird. Die Schneidkante des in der Höhe verstellbaren oberen Zusatzlängsmessers bildet in diesem Zustande mit derjenigen des Hauptlängsmessers eine Ebene, und der untere Quermesserblock ist um die Messerbreite des Quermessers nach vorn ausgefahren. Um nun beim Besäumen des Bleches den abgetrennten Saum zu zerteilen, wird das eingebaute Zusatzlängsmesser in der Höhe verstellt, und zwar durch Verschieben eines Drucksteines, der dann den kleinen Messerschlitten freigibt, so daß er mittels einer Schraubenspindel in die gewünschte Lage gebracht werden kann. Hierauf wird der untere Quermesserblock ebenfalls mittels Spindeln in die zum oberen Quermesser passende Stellung gefahren.

Damit dem Arbeiter jede Möglichkeit genommen ist, die Sicherheit der Maschine durch unrichtiges Einstellen der Messer zu gefährden, ist eine Blockiervorrichtung angebracht, die den verschiebbaren unteren Quermesserblock gegen den hochstellbaren Nebenmesserschlitten sichert. Bedient und ausgewechselt werden die Messer auf sehr einfache und zuverlässige Weise ohne Zeitverlust in wenigen Sekunden von Hand, so daß das obere Teilmesser und der ganze untere Quermesserblock nicht erst entfernt zu werden brauchen. Weiterhin bleiben bei dieser Anordnung sowohl beim Besäumen als auch beim Streifenschneiden die gesamte Schnittlänge und die Grundstellung der Messer gewahrt.

Abb. 19 zeigt eine einfache Träger- und Formeisenschere mit Körper aus gewalzten Stahlplatten, hergestellt von Schenck & Liebe-Harkort A.-G., Düsseldorf. Die Maschine dient zum Schneiden von ⊔, L, T, ● und □ - Eisen ohne Messerwechsel. Die Messer werden für die verschieden hohen H- und ⊔-Eisen mittels Spindel und Handrad eingestellt, und nur

Abb. 18. Messeranordnung bei der Zweiständer-Blechschere (Otto Froriep G. m. b. H.).

Abb. 19. Träger- und Formeisenschere (Schenck & Liebe-Harkort A.-G.).

Abb. 20. Dampfhydraulische Plattenschere für kalte Werkstücke bis 2200 × 20 mm (J. Banning & Co.).

Abb. 21. Vereinigte Lochmaschine, Schere, Winkeleisen und Presse (Wagner & Co.).

ein Messerteil wird an den beiden Messergruppen beim Schneiden dieser Eisen ausgewechselt. Dieses Messerteil soll ohne jeden Zeitaufwand durch einfaches Ausziehen des einen und Einstecken des andern Messer ausgewechselt werden. Die Maschine wird auch zum Schneiden von Gehrungen gebaut. Der Schnitt soll in allen Fällen in einem Messerhub und ohne Abfall erfolgen, wobei die Träger nicht gekantet zu werden brauchen.

Die Ansicht einer dampfhydraulischen Plattenschere der Firma J. Banning, A.-G., zeigt Abb. 20. Die Maschine dient zum Schneiden von Stahlplatten bis 2200 × 40 mm in kaltem Zustande. Zum Leerhub wird Füllwasser benutzt, so daß der neben der Presse stehende Dampfdruckübersetzer nur für die eigentliche Arbeitsleistung herangezogen wird. Hierdurch soll ein geringer Dampfverbrauch erreicht werden zumal auch die Dehnungsspannung des Dampfes zum größten Teil ausgenutzt werden kann. Ein hydraulischer Gegenhalter dient zum Festhalten der Stahlplatten.

Von den im Schiffbau vielfach verwendeten vereinigten Lochmaschinen, Scheren, Winkelscheren und Pressen stellt Abb. 21 eine bemerkenswerte Ausführung dar, die von der Firma Wagner & Co. geliefert worden ist. Ihre Leistungen betragen als Lochmaschine: Lochdurchmesser 25 mm, Blechdicke 20 mm, als Profileisenschere: H-Eisen 200 mm hoch, ⊔-Eisen 200 mm hoch, als Richt- und Biegepresse: H- und ⊔-Eisen und T-Wulstprofile 240 mm hoch. Die Maschinen sind neu entworfen und alle im Laufe der Jahre gemachten Erfahrungen sowie die Fortschritte des neuzeitlichen Werkzeugmaschinenbaues sind berücksichtigt worden. So sind z. B. folgende Verbesserungen vorgenommen worden: Um beim Antrieb der Hebel durch die Daumenwelle die Reibungsarbeit zu verkleinern, hat man die gleitende Reibung zwischen Kurvenscheibe und Hebel durch rollende Reibung ersetzt; der Antrieb liegt gut geschützt in einem vollständig geschlossenen gußeisernen Kasten; bei elektrischem Antrieb wird der Motor durch elastische Kupplung unmittelbar mit dem Vorgelege der Maschine verbunden; das Schwungrad wird nicht mehr fliegend auf dem Wellenende, sondern zwischen zwei Ringschmierlagern angeordnet; die Möglichkeit, die einzelnen Maschinenteile schnell und sicher auszubauen und die Lagerschalen nachzustellen, ist im weitesten Maß erhöht worden.

[B 93] (Schluß folgt.)

Werkzeuge aus Eisen- und Stahlgemisch.

Seit dem Beginn des Weltkrieges kam in England Verbundstahl (combined iron and steel) in Aufnahme. Seine Herstellung, Eigenschaften und Verwendung sind schon früher beschrieben worden[1]). Er wird auch wie der von A. W. F. Green[2]) beschriebene „crucible composite steel", ein Mischstahl, für Schneiden an Prüfmaschinen, für Stempel und Preßwerkzeuge benutzt. Bei dem einen Werkstoff wirkt das Eisen, beim andern der niedrig gekohlte Stahl als Stoßaufnehmer. Stähle aus diesen Werkstoffen brauchen nie wieder gehärtet oder angelassen zu werden. Sie sind nur nach Bedarf zu schleifen. Die beiden Bestandteile haften, wie H. H. Shepherd[3]) berichtet, durch natürliche Schweißung, nicht durch mechanische, aneinander. Der Eisenbestandteil des Verbundstahles darf nicht mehr als 0,10 vH Kohlenstoffgehalt haben; denn sonst tritt Härtung auf, die die Widerstandskraft gegen Stoß vermindert. Mißerfolge bei der Verwendung beider Werkstoffe sollen hauptsächlich auf Fehlern bei der Herstellung der Rohblöcke und der Knüppel beruhen. Das wurde durch metallographische Untersuchung und an Mikrolichtbildern nachgewiesen. [N 95] Dr. Nd.

[1]) Langmuir, Journ. Birminghan Met. Soc. Bd. 8 (1921) S. 191.

[2]) Metal Industry (London) Bd. 23 (1923) S. 113 u. f.

[3]) Metal Industry (London) Bd. 24 (1924) S. 577 u. f.

Bestrebungen und Fortschritte des Großwerkzeugmaschinenbaues.

Von Oberingenieur Weil, Frankfurt a. M.

Es wird auf die Zweckmäßigkeit hingewiesen, die mechanischen Betätigungen an Werkzeugmaschinen, wo angängig, durch elektrische zu ersetzen, dies an einzelnen Beispielen erörtert, ferner ein Überblick über eine Reihe von Modellen gegeben und gezeigt, was von der Großmaschinenindustrie verlangt wird und welche Fortschritte gemacht worden sind.

An der überragenden Stellung, die sich unser heimischer Werkzeugmaschinenbau in zäher, zielbewußter Arbeit auf dem Weltmarkt zu erringen gewußt hat und die ihm dort einen achtunggebietenden Platz sicherte, ist in erster Linie der Großwerkzeugmaschinenbau beteiligt. Nicht nur unsere inländischen maschinellen Großanlagen im Motoren-, Schiff- und Turbinenbau sowie in den Stahl-, Walz- und Hüttenwerken sind von ihm mit den leistungsfähigsten Maschinen beliefert und dadurch zu wirtschaftlichster Erzeugung in den Stand gesetzt worden, sondern auch das Ausland, hauptsächlich das europäische, in erster Linie Rußland, Italien, Österreich und Frankreich, aber auch England, zum Teil auch Amerika und Japan, hat sich gegen deutsche Maschinen nicht ablehnend verhalten und sogar einzelne Bauarten bevorzugt wegen ihrer ausgezeichneten konstruktiven Durcharbeitung und sorgfältigen Werkstattausführung vor allen andern Wettbewerbern.

Allgemeine Bestrebungen.

Nach dem Kriege wurde allerdings vielfach die Befürchtung ausgesprochen, daß infolge der Abschließung Deutschlands vom Weltmarkt einerseits und der Verarmung der Völker anderseits die Zeiten des Baues schwerer Werkzeugmaschinen vorüber seien und für die teuren Maschinen genügend Absatz kaum zu finden sein dürfte. Diese Befürchtungen haben sich nicht in dem vermuteten Maß erfüllt; denn das Weltbestreben, immer weiter fortzuschreiten, konnte auch nach dem Kriege höchstenfalls etwas eingedämmt, aber nicht vollständig unterbunden werden, und die diesjährige Leipziger Frühjahrsmesse, auf der zum ersten Male schwere Werkzeugmaschinen vorgeführt werden, wird, wenn auch infolge der gegenwärtigen Krisis nur im beschränkten Maße, bestätigen, daß der deutsche Großwerkzeugmaschinenbau in seiner Leistungsfähigkeit — trotz der so sehr erschwerten Verhältnisse — nicht nur nichts eingebüßt hat, sondern zielbewußt immer weiter auf dem eingeschlagenen Wege fortschreitet. Das Hauptziel, daß er nicht aus dem Auge verlieren darf, bleibt naturgemäß darauf gerichtet, die Leistungsfähigkeit seiner Erzeugnisse immer weiter zu steigern; aber während man sich früher damit begnügte, die Maschinen kräftig zu bauen, um sie für schwerste Schnitte bei vollster Ausnutzung des Schnellstahls geeignet zu machen, hat man seit längerem erkannt, daß hierdurch allein noch nicht alles getan sei, daß vielmehr angestrebt werden müsse, die Bedienung dieser schweren Maschinen ungeachtet ihrer Größe handlich und ohne Anstrengung des Arbeiters einzurichten und die unter Umständen sehr in die Wagschale fallenden toten Zeiten, wie das Auf- und Abspannen, die Griffzeiten für die Betätigung der einzelnen Ein- und Ausrückungen, die Zeiten für das Einstellen und das Verschieben von Supporten, Ständern und dergl., auf das äußerste zu vermindern. Um dies zu erreichen, werden eine Reihe konstruktiver Mittel angewendet, die die vorzeitige Ermüdung des Arbeiters zu verhindern anstreben, außerdem aber bezwecken, daß sich auch ein minder geübter Mann ohne Schwierigkeiten in der Bedienung der Maschine zurechtfinden kann. Durch Anbringen übersichtlicher Bedienungsschilder, die die Zwecke der einzelnen Hebel und Handräder erläutern, durch Einhalten der Sinnfälligkeit der Bewegungen wird dem Arbeiter das Bedienen der Maschine erleichtert, während die Lagerung der Wellen in Kugeln, die Anwendung der Kugellagerung für die Aufnahme der Enddrücke der Schraubenspindeln, das Anbringen von Podesten an den Supporten ihm bei der Verstellung von Hand gute Dienste leistet.

Heute, wo der Konstrukteur schon für die Supporte mittlerer Bänke maschinell betätigte Eilbewegungen vorsieht, um den Arbeiter zu entlasten und so die Maschine besser ausnutzen zu lassen, mutet es seltsam an, daß nicht nur in dem ersten Entwicklungsabschnitt des Großbaues, sondern auch noch viel später z. B. Drehbänke von 1500 mm Spitzenhöhe gebaut wurden, an denen die etwa 6000 kg schweren Supporte keine maschinelle Schnellverstellung, sondern nur Handverstellung aufwiesen, oder daß an Bohrfräswerken die schweren Bohrschlitten und die noch viel schwereren Ständer auch nur Handverstellung hatten.

In steigendem Maße wird jetzt die Elektrotechnik dem Großwerkzeugbau dienstbar gemacht, und es sind durch enges Zusammenarbeiten des Elektrotechnikers und des Werkzeugmaschinen-Konstrukteurs eine Reihe wichtiger Verbesserungen und Vervollkommnungen geschaffen worden. Zunächst seien hier die elektrischen Druckknopfsteuerungen genannt, die sowohl das An- und Abstellen der Motoren als auch ihre Umsteuerung und, wo notwendig, die Regelung der Geschwindigkeit durch Drücken der Knöpfe an den an beliebiger Stelle anzubringenden Druckknopftafeln in einfachster Weise ermöglichen. Bedenkt man, daß beispielsweise bei langen Spitzendrehbänken vom Reitstock oder von einem beliebigen Support aus der Motor geschaltet werden kann, oder daß der auf dem Supportpodest einer großen Karussellbank stehende Dreher von seinem Stand aus durch Betätigen der Druckknöpfe den Motor nach Belieben zu regeln vermag, wo früher eine Reihe nur mit großer Anstrengung zu bewegender Hebel, Wellen und Gestänge angeordnet werden mußte, so ist der große Fortschritt, der in der Anbringung der Druckknopfsteuerung besteht, ohne weiteres einleuchtend.

Die vorerwähnten maschinellen Verstellungen bedingen anderseits in erhöhtem Maße die Anwendung von Sicherheitsvorrichtungen, die ein Gegenlaufen oder Zusammenrennen von Supporten oder Ständern verhindern, sobald der Arbeiter nicht in der Lage sein sollte, die die Bewegungen schaltenden Kupplungen rechtzeitig auszurücken, um das Anrennen zu vermeiden; auch hier konnte die Elektrotechnik wirksam helfend eingreifen und durch Einbau elektrischer Endausschalter jede Gefahr beseitigen. Die in solchen Fällen früher und zum Teil jetzt noch angewendeten mechanischen Sicherheitsvorrichtungen haben durchweg den Nachteil, daß sie nicht immer einwandfrei arbeiten, was bei der mitunter beträchtlichen Zahl von Zwischenschaltungen wohl erklärlich erscheint.

Im Zusammenhang hiermit soll nicht unerwähnt bleiben, daß auch durch die Anwendung regelbarer Gleichstrom-Nebenschlußmotoren die Getriebekasten wesentlich vereinfacht werden, weshalb der Werkzeugmaschinen-Konstrukteur dort, wo veränderliche Arbeitsgeschwindigkeiten in Frage kommen, den Antrieb durch Gleichstrom vorzieht. Dadurch kommt die Einschaltung der in der Regel nicht einfachen Räderkasten mit ihren zahlreichen Getrieben, Kupplungen und Hebeln in Fortfall, die bei nicht regelbaren Motoren notwendig werden und oft eine Quelle empfindlicher Betriebstörungen bilden. Wohl darf nicht verkannt werden, daß der elektrische Strom in vielen Fällen von den Überlandzentralen als (nicht regelbarer) Drehstrom an die Verbraucher geliefert wird, was vielfach ein Hindernis für den Antrieb der Werkzeugmaschinen bedeutet; doch bietet aus den vorgenannten Gründen für sie der Betrieb durch Gleichstrom so große Vorteile, daß die Aufstellung eines Umformers besonders für die schweren Modelle lohnend sein dürfte.

In den letzten Jahren hat sich immer mehr die Einsicht durchgerungen, daß die schweren und teuren Werkzeugmaschinen möglichst umfassend gebaut sein sollten, damit man sie nicht nur für die Hauptarbeiten, sondern auch für Nebenarbeiten anwenden kann. So werden z. B. die großen Karussellbänke mit Fräs- und Bohreinrichtungen

ausgestattet, erhalten Einrichtungen zum Einstoßen der Keilnuten in die Nabenbohrungen, Anordnungen für Drehen flacher oder steiler Kegel usw.; Spitzendrehbänke, die zum Bearbeiten von Kurbelwellen oder schwerer Spindeln bestimmt sind, werden mit Schleifsupporten ausgerüstet, um die fertiggedrehten Achsen an den Laufstellen auf Maß zu schleifen, und Hobelmaschinen erhalten neben den am Querbalken sitzenden Hobelsupporten noch Fräs- oder Bohrsupporte. In all diesen Fällen tritt deutlich das Bestreben zutage, das Arbeitstück möglichst ohne Umspannen fertigzustellen. Der bei der Bearbeitung kleinerer Werkstücke oft befolgte Grundsatz, die Bearbeitung getrennt auf einzelne Werkzeugmaschinen zu verteilen, kann im Großbau nur sehr beschränkt angewendet werden, da hier der Transport von einer Bearbeitungsmaschine zur andern, das Auf- und Umspannen — Handhabungen, die unter Umständen mehr Zeit in Anspruch nehmen, als die eigentliche Bearbeitung selbst —, eine wichtige Rolle spielen.

Hand in Hand mit der Verbesserung der Modelle in bezug auf die geschilderte wirtschaftliche Ausnutzung geht auch deren Formgebung und Gestaltung nach neuzeitlicher Anschauung. So lag in den Erstanfängen des Werkzeugmaschinenbaues das Räderwerk vollkommen frei, bis die behördlichen Sicherheits- und Schutzvorrichtungen das Anbringen von Räderverdecken vorschrieben, die anfänglich in einfachster, wenig gefälliger Form aus Blech und später aus Gußeisen angefertigt wurden; nach und nach wurden diese Teile vervollkommnet und besser durchgebildet, bis man zu den vollständig gekapselten Umhüllungskasten überging, bei denen das Kennzeichen des Räderverdecks vollständig verschwindet und die unseren neuzeitlichen Bauarten ein formvollendetes, gefälliges Aussehen verleihen; auch die Motoren, die früher ohne jeden Zusammenhang mit der eigentlichen Maschine aufgestellt wurden, bilden jetzt mit ihr ein einheitliches Ganzes, und geschmackvoller Einbau der Anlasser, Steuerschalter und Widerstände sowie sorgfältig verlegte Kabelleitungen erhöhen den gefälligen Eindruck.

Die geschlossenen Umhüllungskasten erfordern im Punkte der Anordnung der doch so ungemein wichtigen Schmiereinrichtungen die größte Vorsicht und Sorgfalt, und es scheint nicht mehr angängig, dies wie vorher dem Monteur zu überlassen, sondern es ist erforderlich, daß die Anordnung der Schmierung konstruktiv wie jeder andere Teil der Maschine behandelt und die Konstruktion sachgemäß durchgearbeitet wird; gerade bei schweren Werkmaschinen, wo durch mangelhafte Schmierung Betriebstörungen hervorgerufen werden können, muß dieser Punkt erhöhte Beachtung erfahren. Man bevorzugt daher die Zentralschmierungen, wo von einem gemeinschaftlichen Ölkasten aus möglichst viele Schmierstellen mit Öl versorgt werden (Druckölschmierung); bei großen Spitzendrehbänken wendet man für die Schmierung der Hauptspindellager zweckmäßig Druckschmierung mittels besondrer Schmierpumpe an.

Geben vorstehende Ausführungen in allgemeinen Umrissen die Bestrebungen und Fortschritte des Baues schwerer Werkzeugmaschinen wieder, so soll nun in den folgenden durch einzelne Beispiele aus den verschiedenen Gruppen näher auf ihre Bedeutung für die Maschinenindustrie eingegangen und wichtige Verbesserungen hervorgehoben werden. In erster Linie sind die

Spitzendrehbänke

zu nennen, die in Stahl- und Walzwerken, auf Schiffswerften, beim Bau schwerer Motoren, Turbinen und dergl. von weittragender Bedeutung sind. Stahlwerke, die die großen Schmiedestücke liefern, haben solche Bänke von 600 bis 2000 mm Spitzenhöhe und Spitzenweiten bis 20 m und mehr mit Motorantrieben bis 100 PS aufgestellt, wo sie zum Schruppen und Fertigdrehen von Schiffswellen, Polrädern, Kurbelachsen und dergl. gebraucht werden. Die Herstellung der Parsons-Dampfturbinen verlangt Bänke bis 3000 mm Spitzenhöhe und 16 m Spitzenweite zum Abdrehen der Laufräder mit den aufgesetzten Trommeln, die bis 150 t Gewicht aufweisen; dies sind wahre Maschinenriesen, wie man sie früher, wo schon eine Drehbank von 1500 mm Spitzenhöhe als riesig galt, nicht kannte und deren Bau sowohl an die Erfahrung des Konstrukteurs wie an die Leistungsfähigkeit der ausführenden Werkstattbetriebe die höchsten Anforderungen stellt. Derartige Kolosse erhalten Hauptspindeln aus Stahl von 550 mm Dmr. und werden durch Motoren von 100 PS angetrieben. Damit man sie weitestgehend ausnutzen kann, erhält auch der Reitstock — ähnlich wie der Spindelstock — besondern Motorantrieb von etwa 30 PS, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, ihn als Kopfbank zum Drehen von Scheiben, Rädern und ähnlichen Teilen zu benutzen, sobald die Bank keine Spitzenarbeiten auszuführen hat. Die Betten sind als Doppelbetten mit 3500 bis 5500 mm Bettbreite — je nach Spitzenhöhe — ausgebildet, so daß sowohl auf Bettvorder- als auch auf Betthinterseite je ein oder mehrere Supporte ganz unabhängig von einander arbeiten können. Spindelstock, Reitstock und Supporte erhalten Bedienungspodeste, von denen aus der Dreher alle Handhabungen vornehmen und mittels Druckknopfsteuerung den Motor schalten kann. Diese Großbänke werden vorteilhaft sowohl mit durchgehender Leitspindel zum Schneiden langer Gewinde als auch mit Gewindeschneideinrichtung für kurze Gewinde durch die Leitschraube eines Drehteilsupportes, dieser Support auch zum selbsttätigen Drehen von Kegeln eingerichtet. Zur maschinellen Schnellverstellung der Supporte wird die Geschwindigkeit der Hauptschaftwelle vergrößert; die Ausführung dieser Verschiebung durch besondere Schnellverstellmotoren in den einzelnen Supporten dürfte der Zukunft überlassen bleiben.

Die für Walzwerke zum Nachdrehen abgenutzter Walzen oder zum Abdrehen neuer roher Walzen aus Gußeisen oder Stahl in Frage kommenden

Walzendrehbänke

sind besonders kräftig gebaut, da für sie nicht selten Spanleistungen von 500 mm² in Stahl verlangt werden; sie erhalten Spitzenhöhen bis 900 mm, Spitzenweiten bis 7000 mm und werden mit zwei, zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit auch mit drei Supporten und gegebenenfalls auch mit Schleifeinrichtung versehen; diese kann entweder unmittelbar auf den Obersupport oder auf ein besondres Bett aufgesetzt werden, das getrennt von dem Supportbett auf der Hinterseite der Platte befestigt wird.

Die Bauart der Walzenbänke ist nach und nach ganz wesentlich verbessert worden, und an Stelle der früheren etwas stiefmütterlichen Behandlung durch den Konstrukteur ist sorgsame konstruktive Durcharbeitung getreten. Die Spindelkasten haben neuzeitliche geschlossene Formen erhalten, die Kettenschaltwerke, die früher von der Decke aus betätigt wurden, sind verschwunden; Hubscheiben und Gestänge, die unmittelbar mit der Maschine verbunden sind, betätigen den Vorschub, und die Zeit dürfte nicht allzufern sein, wo auch diese ruckweis arbeitende wie bei jeder andern Drehbank durch ununterbrochene Vorschubeinrichtung ersetzt wird.

Zu den Großdrehbänken sind auch die zum Abdrehen der Lokomotivräder dienenden

Radsatzdrehbänke

zu rechnen, die Spitzenhöhen bis 1250 mm, Spitzenweiten bis 3000 mm und Motorantriebe bis 40 PS Leistung erhalten; auch sie finden, vornehmlich in Lokomotiv-Ausbesserwerkstätten, aber auch in den Radsätzen liefernden Stahlwerken Verwendung und sind immer mehr in Hinblick auf hohe Leistungsfähigkeit vervollkommnet worden, insbesondere was die Bauart der selbsttätigen Schablonensupporte anbetrifft, von denen wir jetzt mehrere ausgezeichnete Bauarten besitzen.

In den Großwerkstätten der Elektrizitätsindustrie, die schwere Dynamogehäuse, Schwungräder, Polräder und dergl. zu bearbeiten haben, in den Grauguß- und Stahlgießereien, die diese Körper vorgedreht liefern müssen, in den Stahlwerken, die große Scheiben, Turbinentrommeln und ähnliche Großteile erzeugen, gehören die

Karusselldrehbänke

zu den wichtigsten und beliebtesten Arbeitsmaschinen. Vor 30 Jahren waren diese Bauarten in Deutschland so gut wie unbekannt und die betreffenden Arbeiten wurden auf

Abb. 1. Riesen-Karusselldrehbank der Maschinenfabrik Schieß, Düsseldorf, für 8000 mm Drehdurchmesser mit einer Planscheibe von 7600 mm, Fräs- und Bohrsupport sowie Einrichtung für Stoßarbeiten.

schweren Kopfdrehbänken ausgeführt; den leitenden Elektrizitätsfirmen gebührt das Verdienst, den Bau der großen Karussellbänke, deren Vorteile sie in Amerika kennengelernt hatten, bei uns angeregt zu haben, und so konnte die Werkzeugmaschinenfabrik von Ernst Schieß in den Jahren 1896 und 1897 mehrere solcher Maschinen für Gegenstände bis 7200 mm Dmr. liefern, allerdings noch mit verschiebbaren Ständern von 5000 mm lichtem Durchgang, da man damals nicht die Erfahrungen besaß und noch nicht wagte, Karussellbänke zu bauen, deren Ständer einen lichten Durchgang von 7000 mm hatten; der Konstrukteur lehnte sich an die amerikanischen Vorbilder an, die ebenfalls mit nach hinten verschiebbaren Ständern gebaut waren; ein Motor von nur 20 PS mußte für die damaligen Verhältnisse zum Antrieb genügen.

Wenn man nun die neuzeitlichen Karussellbänke mit diesen Erstkonstruktionen vergleicht — auf der diesjährigen Leipziger Frühjahrsmesse führt die Maschinenfabrik Schieß in Düsseldorf ein nach neuesten Modellen gebautes Riesenkarussell für 8000 mm Drehdurchmesser mit einer Planscheibe von 7600 mm vor, Abb. 1 —, so wird man die gewaltigen Fortschritte begreifen, die seither gemacht worden sind. Diese Maschine, die zum Bearbeiten von Schwungrädern, Dynamo- und Turbinengehäusen bis 8000 mm Dmr. und 3200 mm Höhe gebaut ist (bei herabgelassenem Ständersupport kann der größte Drehdurchmesser 8300 mm betragen), wird durch einen in den Grenzen von 300 bis 900 Uml./min regelbaren Gleichstrom-Nebenschlußmotor von 75 PS angetrieben, der mittels Druckknöpfen, die an verschiedenen Stellen angebracht sind, gesteuert werden kann; für die Schnellverstellung der Supporte ist ein besondrer Motor von 28 PS angeordnet.

Diese Karusselldrehbank hat verschiedene wertvolle Sondereinrichtungen; in erster Linie ist der zwischen den beiden Querbalkensupporten angeordnete Frässupport, der mit Universal-Bohreinrichtung für Wagerecht- und Senkrechtbohren ausgestattet ist und durch besondern Motor angetrieben wird, zu nennen; er ist zum Fräsen von Flächen an Flanschen, Schrumpfringen und dergl. genügend stark gebaut. Die Planscheibe hat für die Fräsarbeiten besondre Feineinstellungen für maschinelle wie auch Handbedienung und erhält ferner eine besondre Teilvorrichtung, damit man an aufgespannten Arbeitstücken wie Ringen, Gehäusen usw. ohne vorheriges Anreißen Bohr,- Fräs- und andre Arbeiten ausführen kann.

Eine weitere wichtige Sondereinrichtung dieser Maschine ist in der Ausbildung des linken Querbalkensupports für Stoßarbeiten geschaffen, die vom Supportstößel ausgeführt werden; dieser erhält eine vergrößerte Eilbewegung, wobei von Hand umgeschaltet wird.

Auch Sonderbauarten solcher Großkarusselle fehlen nicht; mehrfach wurden Konstruktionen für 10 m Drehdurchmesser ausgeführt, die an einem einzigen, äußerst kräftig gehaltenen Ständer den weitausladenden Querbalken mit zwei Supporten tragen, wobei dieser Ständer auf einem Bett je nach dem Durchmesser des Arbeitstückes verschoben wird; ferner ist eine eigenartige Bauart sehr beliebter Karussellbänke zum Drehen von Schachtringen bis 8 m Dmr. hervorzuheben, die durch zwei an besonderen Betten verschiebbare, einander gegenüberstehende, aber nicht durch Querbalken verbundene Ständer gekennzeichnet ist, von denen jeder an senkrechter Führung zwei Supporte trägt. Diese Modelle sind dem Sonderzweck entsprechend und gemäß der einfachen Arbeit, für die sie gebaut sind, einfachster Bauart; die vier Supporte, von denen je zwei gleichzeitig den obern und den untern Flansch des Schachtringes abdrehen, werden nicht wie bei den gewöhnlichen Karussellen ununterbrochen, sondern ruckweise durch Klinken geschaltet.

Als Sonderbauart ist auch eine in den Werkstätten der AEG in Berlin aufgestellte, von der Maschinenfabrik Schieß gelieferte, ungemein schwer gehaltene Karussellbank für 10,5 m Drehdurchmesser anzusprechen, die Schnitte bis 1000 mm² in Stahl ausführen kann und das doppelte Gewicht der gewöhnlichen Bänke gleicher Durchmesser aufweist. Der Zahnkranz der durch einen Motor von 200 PS angetriebenen Planscheibe wird mittels zweier einander gegenüberliegender Ritzel betätigt; die Schaltungen sind bis 120 mm bei einer Umdrehung der Planscheibe veränderlich, dadurch ist die Möglichkeit geschaffen, selbst bei geringerer Bearbeitungszugabe die Stärke der Bank durch Ansetzen großer Vorschübe ausnutzen zu können. Auch die Bauart der Supporte weicht erheblich von den normalen Ausführungen hinsichtlich Anordnung der Schaltung ab, indem die Schaltkästen unmittelbar an den Supportschlitten sitzen, die außerdem je einen be-

sonderen 25pferdigen Motor für die Supportschnellverstellung tragen; durch diese Einrichtungen ist es dem Dreher möglich, diesen Koloß mit Leichtigkeit zu bedienen.

Karussellbänke wurden bisher in Größen bis 12 m Dmr. bei 4 m Höhe der Arbeitstücke gebaut; in der Vorkriegzeit machte sich aber der Bedarf nach Bänken bis 15 m Dmr. und 7 m Höhe geltend, die für ausländische Werke zum Drehen von Kriegsmaterial ins Auge gefaßt waren.

Die gewichtigen Vorteile der Karussellbänke, die in der bequemen raschen Aufspannung, dem Fortfall des Auswuchtens unrunder, sperriger Stücke, der sichern Auflage der Planscheibe und der dadurch geschaffenen Möglichkeit stärkster Spanabnahme liegen, haben diesen Bänken ein immer mehr sich erweiterndes Arbeitsgebiet gesichert; sie sind der Grund, weshalb in vielen Fällen die früher mit Vorliebe benutzten Kopfdrehbänke in den Hintergrund gedrängt und durch Karusselle ersetzt werden. Während ein schweres Arbeitstück von z. B. 70 t — und solche kommen im Großbau nicht selten vor — auf der Karussellbank ohne weiteres und in kurzer Zeit aufgespannt und ausgedreht werden kann, so ist dies auf der Kopfbank mit erheblichen Schwierigkeiten sowie bedeutendem Zeitverlust verbunden und ein Durchhängen des an der Planscheibe freifliegend befestigten Arbeitstückes nicht zu vermeiden. (Durch Anbringen von Unterstützungsrollen unter der Planscheibe, was als Notbehelf öfters versucht wird, ist ein Schiefdrücken der Hauptspindel zu befürchten.) Trotzdem wäre es falsch, die Kopfbänke zu den „ausgestorbenen" Bauarten zu rechnen, da sie unter gewissen Voraussetzungen in einzelnen Fällen dennoch empfohlen werden können. Diese sind beispielsweise dort gegeben, wo Platzmangel die Aufstellung der mehr Raum beanspruchenden Karusselle erschwert oder auch Gründe der Sparsamkeit dafür sprechen, von dem immerhin teuren Karussell abzusehen; mitunter ist für die Beschaffung von Kopfbänken die Erwägung ausschlaggebend, daß man hierbei nicht so sehr an den Größtdurchmesser der Werkstücke gebunden ist, wie bei den Karussells, die keine größeren Stücke aufnehmen können, als die lichte Weite zwischen den Ständern zuläßt.

Auch die Kopfbänke sind im Laufe der Jahre wesentlich vervollkommnet worden, so daß sie mit den gekapselten Spindelkasten und den gut angepaßten Motorantrieben einen durchaus gefälligen Eindruck machen; erstrebenswert ist, daß mit der noch immer angewendeten ruckweise erfolgenden Schaltung aufgeräumt und an ihre Stelle die fortlaufende, wie bei jeder andern Drehbank, gesetzt wird.

Die Ansichten der Werkstätten waren früher bezüglich der zweckmäßigsten Bearbeitung der großen Dynamogehäuse geteilt; während die einen Karussells vorzogen, befürworteten andere mehr die Kopfbänke, wobei die Gehäuse in einer vor der Planscheibe angeordneten Grube festgespannt wurden, während fliegende, an der Planscheibe befestigte ausschiebbare Supporte die Gehäuse ausdrehten; gegenwärtig sind aber doch die meisten Werke in Würdigung der Vorteile der Karussellbänke zu diesen übergegangen.

Eine wichtige Rolle spielen auch die

Wagrecht-Bohr- und -Fräsmaschinen,

die z. T. in gewaltigen Abmessungen mit Spindeln bis 300 mm Dmr. Anwendung finden. Die älteren Bauarten, bei denen die Schalteinrichtungen am Ständer oder gar am Bettende saßen, sind längst durch solche ersetzt, welche das gesamte Räder- und Vorschubgetriebe unmittelbar mit dem Spindelkasten vereinigen, so daß es möglich ist, die Bedienung vom Bohrschlittenpodest aus zu betätigen. Die Frage, ob es zweckmäßiger sei, auch den Antriebmotor am Bohrfrässchlitten oder am Ständer anzuordnen, ist noch nicht endgültig gelöst, wenn auch die meisten Firmen die zuletzt genannte Bauart ausführen; bemerkt sei, daß bei Anordnung des Antriebmotors am Schlitten durch Wegfall der stehenden Welle und der Kegelrädergetriebe im großen Ganzen eine gewisse Vereinfachung erzielt wird, wenn auch der Spindelkasten selbst etwas verwickelter ausfällt; anderseits wird gegen diese Bauart eingewandt, daß die Belastung des Spindelkastens durch den Motor und die dadurch erforderliche Vergrößerung des den Spindelkasten auswuchtenden Gegengewichts gegen sie spricht. In Fällen aber, wo der Spindelkasten schwenkbar eingerichtet sein muß, scheint die unmittelbare Verbindung des Motors mit ihm die gegebene Bauart zu sein, weil im andern Falle wegen der Drehbarkeit des Spindelkastens ein recht verwickelter, kraftfressender Räderantrieb sich als notwendig erweisen würde.

Verbesserungen wurden bei den Bohrfräswerken auch hinsichtlich der Schaltanordnung vorgenommen, dahingehend, daß die Frävorschübe nicht mehr von der Hauptspindel in Abhängigkeit gebracht sind (z. B. 0,4 bis 20 mm bei einer Spindelumdrehung), sondern unabhängig von ihr eine bestimmte, in weiten Grenzen wechselnde Größe (z. B. 5 bis 150 mm/min) erhalten; erst dadurch ist es möglich, bei jeder Spindelgeschwindigkeit nach Belieben den größten oder kleinsten Vorschub einzustellen, also mit großen Messerköpfen Schlichtschaltungen bis 150 mm oder mit kleinen Fingerfräsern Vorschübe von 5 mm/min an zu erhalten. Hierbei hat man vielfach endlich die Scheu vor den Schaltungen durch Zahnstange überwunden und hauptsächlich dort, wo es sich um große Verschiebungslängen der Ständer handelt, die langen, starker Verdrehung ausgesetzten Schraubenspindeln durch Zahnstangen ersetzt.

Der Elektrotechniker hat auch bei dieser wichtigen Maschinengattung dem Konstrukteur hilfreiche Hand geboten. Elektrisch betätigte Endausschalter, die (stellbar) in der höchsten und tiefsten Lage des Spindelkastens und auch für die äußersten Ständerlagen angebracht sind, schützen vor Anrennen. Druckknöpfe sorgen für sofortiges An- und Abstellen sowie Regelung des Motors, und auch das lästige für die Umsteuerung der Hauptspindel beim Gewindeschneiden bestimmte Kegelräder-Wendegetriebe konnte in Fortfall kommen, da die Umsteuerung unmittelbar in den Motor selbst gelegt wurde.

An den Konstrukteur tritt mitunter auch die Aufgabe heran, diese Bauarten universell durchzubilden und so einzurichten, daß schiefliegende Löcher gebohrt oder schräge Flächen ohne Umspannen des Werkstückes gefräst werden können, weshalb für solche Fälle Drehbarkeit des Ständers und des Spindelkastens notwendig wird; ebenso will man mit diesen Maschinen nicht nur große Bohrungen herstellen, sondern auch kleine Löcher bohren (z. B. in Flanschen, Deckeln). Zur Lösung dieser Aufgabe werden verschiedene Wege eingeschlagen, entweder wird die Lagerung der Hauptspindel als Kugellagerung ausgeführt, um sie ohne großen Kraftaufwand mit der für das Bohren der kleinen Löcher erforderlichen hohen Geschwindigkeit laufen lassen zu können, oder es wird neben der Hauptspindel eine kleine, rasch laufende Nebenspindel angeordnet, oder die Hauptspindel wird durchbohrt und in der Bohrung eine besonders angetriebene Innenspindel gelagert, die beispielsweise bei 200 mm Dmr. der Hauptspindel 70 mm Dicke hat und mit 300 Uml./min laufen kann; diese Konstruktion hat sich besonders gut eingebürgert, da sie den Vorzug hat, daß man ein mit der Innenspindel gebohrtes Loch, ohne den Schlitten verstellen zu müssen, mit Gewinde versehen oder auch aufbohren kann.

Die großen Bohrfräswerke werden auch im Schiffbau, wo es sich um das Fräsen großer Flächen handelt, mit Vorliebe verwendet und erhalten in solchen Fällen außergewöhnlich hohe Ständer (Entfernung der Spindel von der Platte bis zu 5000 mm).

Im Großmotorenbau leisten

Fräswerke in Hobelmaschinenbauart[1])

beim Bearbeiten der schweren Grundplatten vorzügliche Dienste. So hat die Firma Gebrüder Sulzer in Ludwigshafen ein derartiges Fräswerk in Betrieb, das mit zwei Querbalkensupporten und einem Ständersupport ausgestattet ist und Werkstücke bis 6 m Länge, 2500 mm Breite und 2000 mm Höhe aufnehmen kann, außerordentlich kräftig gebaut ist und Frässpindeln von 170 mm Dmr. hat; jede Frässpindel wird von einem 20pferdigen regelbaren Motor betrieben und auch für die Schaltung jedes Spindelkastens

[1]) s. Z. Bd. 63 (1919) S. 1141.

ist ein besonders regelbarer Motor von 3½ PS angeordnet, während die Motoren durch Druckknopfsteuerungen betätigt werden; dieses Fräswerk trägt für kleinere Arbeiten besondre, neben jeder Hauptspindel angeordnete kleinere Nebenspindeln mit 18 bis 210 Uml./miu; die Hauptspindeln laufen mit 3 bis 35 Uml./min.

Außer dieser Bauart sind im Großmotorenbau schwere

Portalfräswerke[2])

riesigster Abmessungen in Anwendung; sie bestehen aus zwei langen Betten, an denen sich die beiden Ständer mit Querbalken und dem an ihren Senkrechtbahnen verschiebbaren Querschlitten mit den Frässupporten verschieben; auf den Betten sitzen eine oder auch mehrere Wagerecht-Bohr- und Fräsmaschinen, und in manchen Fällen ist auch das Aufstellen einer Zylinderbohrmaschine auf die Spannplatten erwünscht, um die Lagerstellen für die Kurbelwellen an Motorrahmen-Grundplatten ausbohren zu können. Diese Portalfräswerke sollen in der Hauptsache die großen Maschinenkörper möglichst o h n e U m s p a n n e n bearbeiten, und nach ihrer Beschaffenheit richtet sich auch die Art der Maschinensätze, die für die zweckmäßigste Bearbeitung in Betracht kommen.

Der Bau von Dampfturbinen, besonders der gewaltigen Parsonsturbinen für den Betrieb der Amerika-Schnelldampfer, führte zur Beschaffung von

Zylinderbohrmaschinen

vorher nicht gekannter Abmessungen, deren richtige konstruktive Durchbildung an die Tüchtigkeit der Fachingenieure hohe Anforderungen stellte; kamen doch Zylinderbohrungen bis 5 m Durchmesser in Frage! Es wurden zwei Bauarten geschaffen, wovon die eine sich an die gewöhnlichen Zylinderbohrmaschinen mit wanderndem Bohrkopf anlehnte, aber eine Spitzenhöhe von 3000 mm erhielt, während die andere die Ständerbauart mit senkrecht verstellbarem Spindelkasten zeigte, wobei die Schaltung durch selbsttätiges Verschieben des Ständers erfolgte. Von der Mächtigkeit dieser Maschinenriesen erhält man erst einen richtigen Begriff, wenn man hört, daß die B o h r s t a n g e n, die zum Ausbohren der Turbinengehäuse benutzt werden, Durchmesser bis 600 mm und Längen bis 20 m aufweisen! Die Bohrstangen tragen die eigentlichen Bohrsupporte; diese sind mit mehreren ausschiebbaren Messerschlitten ausgestattet, die je nach Größe der herzustellenden Bohrung eingestellt werden.

Im Bau der großen

Hobelmaschinen

haben die Erfindungen des regelbaren H o b e l m a s c h i n e n - U m k e h r m o t o r s und der m a g n e t i s c h e n U m k e h r k u p p l u n g umwälzend gewirkt, indem es erst durch diese Einrichtungen möglich wurde, die Leistungsfähigkeit der im Aufbau sonst kräftigen Modelle voll auszunutzen, da die früheren, jetzt aber bei größeren Maschinen nicht mehr angewendeten Riemenwendegetriebe (verschiebbare Offen- und Kreuzriemen) einesteils nicht die erforderliche Durchzugkraft ergaben und andernteils die bei jedem Hubwechsel eintretende Verschiebung der breiten Riemen mit Schwierigkeiten verbunden war; dieser Mißstand machte sich hauptsächlich beim Probebetrieb und beim Einlaufenlassen einer großen Maschine, wo es oft stundenlanger Anstrengungen bedurfte, um sie überhaupt in Gang zu bringen, störend geltend. Dort, wo Gleichstrom zur Verfügung steht, ist unbedingt der regelbare Umkehrmotor vorzuziehen, während bei Vorhandensein von Drehstrom, falls man ihn nicht in Gleichstrom umformen will, die magnetische Umkehrkupplung empfohlen werden muß, wobei die Schnitt- oder Rückgangsgeschwindigkeiten durch Einbau eines Räderkastens geändert werden können. (Die für die Betätigung der magnetischen Kupplung erforderliche geringe Gleichstrommenge kann von dem Hobelmaschinenantrieb selbst durch Einbau einer kleinen Dynamo erzeugt werden.) In Hinblick auf die Tatsache, daß der Drehstrom in den Betrieben vorherrscht, muß es für den Elektrotechniker eine lockende Aufgabe sein, auch für Drehstrombetrieb r e g e l b a r e U m k e h r m o t o r e n zu bauen, die als vollwertiger Ersatz der Gleichstrommotoren gelten können.

Schwere Hobelmaschinen werden in Größen bis 12 m Hobellänge und 5 m Hobelbreite gebaut, wobei der Tisch in der Regel drei und bei den größten Modellen vier Auflagebahnen erhält und durch zwei Zahnstangen angetrieben wird. Den bekannten Nachteil des arbeitslosen Rückgangs hat man durch größte Beschleunigung zu mildern gesucht, ist aber über eine bestimmte Höchstgrenze, die bei 24 bis 27 m/min liegt, nicht hinausgekommen. Weitere Bestrebungen, die Hobelmaschinen auch für Arbeiten im Rückgang einzurichten, haben befriedigende Ergebnisse nicht gezeitigt, obwohl eine Reihe zum Teil recht sinnreicher Bauarten erdacht wurde; am besten hat sich noch die Anordnung eines klappbaren Doppelstahls bewährt, dessen eine Schneide beim Vorgang, die andre beim Rückgang hobelt.

Als Sonderbauarten sind die G r u b e n h o b e l m a s c h i n e n bemerkenswert, bei denen das Werkstück an Spannplatten in einer Grube befestigt wird, während das die Grube überspannende Portal mit den Hobelsupporten die hin- und hergehende Bewegung ausführt; der Portalquerbalken trägt sowohl an seiner vorderen, als auch an seiner hinteren senkrechten Prismafläche je zwei Hobelsupporte, die abwechselnd im Vor- und Rückgang hobeln. Grubenhobelmaschinen werden für Längen bis 12 m und Breiten bis 4500 mm ausgeführt und dienen in der Hauptsache zum Bearbeiten schwerer, sperriger Körper; vor den gewöhnlichen Hobelmaschinen haben sie den Vorzug des geringeren Platzbedarfs in der Längsrichtung der Betten.

Eine weitere Sonderbauart von Hobelmaschinen sind die fast ausschließlich in Schiffswerften benutzten S e n k r e c h t - u n d W a g e r e c h t - H o b e l m a s c h i n e n, wo sie zum Bearbeiten von großen Grundplatten, Rahmen, Teilungsflächen von Turbinengehäusen usw. gebraucht und für Hobellängen bis 10 m und Hobelhöhen bis 7 m gebaut werden. Sie bestehen aus zwei mit ihren Gleitflächen in senkrechter Ebene angeordneten, gut miteinander verbundenen und an mehreren Ständern befestigten Betten, an denen, durch zwei kräftige Leitschrauben bewegt, der senkrechte Supportbalken für den Hobelgang verschiebbar angeordnet ist; dieser Balken trägt den eigentlichen Hobelsupport, der beim Senkrechthobeln sich an seiner senkrechten Gleitbahn auf- und abbewegt. Diese Maschinen werden vielfach durch Anbringen eines klappbaren Doppelstahls für Hobeln nach beiden Richtungen eingerichtet.

Schleifmaschinen.

Auch bei den Schleifmaschinen sind verschiedene Bauarten in den Kreis der Großmaschinen einzureihen. Die wirtschaftlichen Vorteile des Schleifens werden immer mehr erkannt; Hand in Hand mit dieser zunehmenden Erkenntnis wächst das Anwendungsgebiet der Schleifmaschinen und vergrößern sich die Abmessungen der für die Maschinenfabriken in Betracht kommenden Modelle. Es sind zunächst die großen R u n d s c h l e i f m a s c h i n e n zum Schleifen schwerster Wellen und Achsen hervorzuheben, die für Durchmesser bis 600 mm und Längen bis 10 m verlangt und auch gebaut werden; in Hinblick auf diese beträchtlichen Schleiflängen ist es nicht angängig, wie bei den meisten mittleren und kleineren Bauarten den Schleifsupport in der Längsrichtung feststehend anzuordnen und den Hin- und Hergang durch das Werkstück ausführen zu lassen; im Gegenteil muß die hin- und hergehende Bewegung vom Schleifsupport ausgeführt werden. Die Herstellung der Walzen für Walzwerke, Kalander und für die Papierfabrikation erfordert Modelle von beträchtlicher Größe.

Dadurch, daß die Schleifmaschinen dort, wo es sich um das Abrichten ebener Flächen handelt, in gewissen Fällen den Hobel- und Fräsmaschinen wegen ihrer hohen Leistungsfähigkeit das Feld streitig machen, ist man schrittweise dazu übergegangen, F l ä c h e n s c h l e i f m a s c h i n e n in stetig wachsenden Abmessungen herzustellen, und die Leipziger Frühjahrsmesse wird z. B. eine von der Naxos-Union, Frankfurt a. M., ausgestellte Hochleistungs-Flächenschleifmaschine, Abb. 2 und 3, zeigen, die, mit einem Segment-Schleifrad von 1500 mm Dmr. ausgestattet, von einem 50 bis 60 PS-Motor betrieben wird; dieser ist am Schleifspindelkasten aufgebaut und erteilt mittels großer Stirnräderübersetzung dem Schleifrad 295 Uml./min. An Stelle der üblichen

[2]) s. Z. Bd. 68 (1924) Heft 31.

Schleifzylinder ist ein Segmentschleifrad gewählt, das infolge der unterbrochenen Schleiffläche ein besseres Freischneiden ergibt. Die Schleifspindel ist feststehend und nur die Beistellung ist durch Querverschiebung des Spindelkastens wagerecht fein anstellbar, während der Tisch mit dem aufgespannten Arbeitstück die Vorschubbewegung vollzieht. Derartige Maschinen eignen sich nicht nur für das Schleifen von Werkstoffen, die infolge ihrer Härte dem Hobeln oder Fräsen Schwierigkeiten entgegensetzen, wie Hartguß, Stahlguß und gehärteter Stahl; sie können auch vermöge ihrer erheblich schnelleren Arbeitsweise mit großem Vorteil zum Ebenschleifen aus dem Rohen aller Art weicherer Maschinenteile, wie Gestellwände, Kurbelgehäuse, Räderverdecke, Ventilflanschen, Rohrkreuz- und Rohrkniestücken für Hochdruckleitungen usw., benutzt werden. Einen Begriff von der hohen Leistungsfähigkeit solcher Maschinen gibt schon die genannte Leistung des Motors.

Flächenschleifmaschinen werden auch mit senkrechter Schleifspindel in verschiedenen Bauarten ausgeführt, und die vorgenannte Firma wird auf der Leipziger Messe auch eine derartige Konstruktion mit einem Schleifrad von 800 mm ausstellen, Abb. 4 und 5. Diese Schleifmaschine wird durch einen in Sonderbauart ausgeführten Senkrechtmotor von 55 PS Leistung angetrieben, wobei die Schleifwelle die Ankerwelle bildet; der runde Tisch von 1500 mm Durchmesser ist mit einem elektromagnetischen Spannfutter ausgerüstet, das das Aufspannen der zu schleifenden Stücke außerordentlich erleichtert und die Aufspannzeit ungemein verringert. Der Tisch, der an seinem Umfange durch eine offene Rundführung gestützt wird, erhält Antrieb (Runddrehung) durch einen besonderen Motor von 5 PS und arbeitet mit 3 bis 18 Uml./min; er kann zum bequemen Auflegen der Werkstücke maschinell oder durch Handkreuz, Getriebe und Zahnstange außerhalb des Schleifbereichs verschoben werden. Während des Schleifens findet kein Tischtransport und auch keine Querverstellung des Schleifringes statt, da dieser die ganze Schleiffläche deckt. Die senkrechte Beistellung des Schleifspindelstocks erfolgt selbsttätig oder von Hand. Für große Unterschiede in der Werkstückshöhe ist eine maschinelle Schnellverstellung des Schleifspindelstockes nach oben oder nach unten durch einen eigenen Motor von 5 PS angeordnet. Besonders sei noch auf die zweckmäßige Anordnung des elektrischen Antriebs und der Schaltgeräte hingewiesen, die harmonisch mit der Maschine verbunden und in gefälliger Form im Ständer eingebaut sind.

Eine Flächenschleifmaschine mit senkrechter Spindel, in Hobelmaschinenbauart ausgeführt, wird u. a. auch die Firma J. E. Reinecker in Chemnitz auf der Leipziger Messe

Abb. 2 und 3. Flächenschleifmaschine der Naxos-Union mit Segmentschleifscheibe von 1500 mm Dmr.

Abb. 4 und 5. Flächenschleifmaschine der Naxos-Union mit senkrechter Schleifspindel und Schleifscheibe von 800 mm Dmr.

Schleifrad-
Dmr. 1500 mm
0,75 PS
1410 Uml./min
rd. 9400
RZ82Z3

Abb. 3. Rückansicht.

vorführen. Wenn diese Schleifmaschine auch nicht zu den Großmaschinen gehört, so ist sie wegen einer Vorrichtung erwähnenswert, die zur Entlastung des Querbalkens dient und die sich auch für schwere Maschinen gut eignen dürfte. Ein schwerwiegender Übelstand bei Flächenschleifmaschinen mit Querträger tritt dadurch auf, daß sich dieser Querträger, namentlich bei größerer Ständerweite, durchbiegt, wenn der Schleifschlitten in der Mitte des Ständers steht. Bei der neuen Einrichtung wird das Schlittengewicht von einer besondern, über dem Querbalken parallel zu ihm gelegten Schiene dadurch aufgenommen, daß eine am Schlitten beweglich angeordnete Laufrolle unter Wirkung eines Gewichtes gegen diese Schiene gepreßt wird, dadurch den Schlitten etwas anhebt und so den Querträger entlastet bzw. das Schlittengewicht an die der Durchbiegung nicht ausgesetzten Enden des Querbalkens unter Vermittlung der Schiene verlegt.

Als Großwerkzeugmaschine ist auch das Universal-Rundschleifwerk anzusprechen, das, von der Firma Friedr. Schmaltz G. m. b. H., in Offenbach gebaut, auf der Leipziger Messe ausgestellt sein wird. Die Maschine wird hauptsächlich in Lokomotiv-Ausbesserwerkstätten zum genauen Rundschleifen sämtlicher abgenutzter Lagerstellen, sowohl der innern Achsschenkel und Kurbelhälse, wie der außen liegenden Lagerhälse, Treib- und Kuppelzapfen, Gegenkurbeln und Zapfenlöcher benutzt. Sie besteht aus einem auf Kreuzschlitten sitzenden zweiteiligen Rundwerkgehäuse kräftigster Bauart mit eingelagertem, ebenfalls geteilten sich drehenden Ring, der die eigentliche Schleifvorrichtung trägt; der bei gekröpften Achsen sehr geringe Zwischenraum bedingt eine außerordentlich gedrungene Bauart des Schleifkopfes; diese Aufgabe ist dadurch gelöst, daß der Schleifkopf als Elektromotor (Lauer-Schmaltz-Schleifradmotor) ausgebildet worden ist, also Schleifrad und Motor zu einem Teil vereinigt sind, der für Schleifraddurchmesser bis 550 mm nur 85 mm Breite hat.

Auch die

Blechbearbeitungsmaschinen[1]),

wie sie in Walzwerken, Kesselschmieden, Eisenkonstruktionswerkstätten und Schiffswerften zur weiteren Verarbeitung der Bleche und Formeisen gebraucht werden, müssen, soweit schwere Bleche in Frage kommen, unter die Großwerkzeugmaschinen eingereiht werden. In vorderster Reihe stehen die Tafelscheren, die für Blechbreiten bis 4 m und Blechdicken bis 45 mm gebaut werden. Diese Modelle sind hauptsächlich in bezug auf die Stößelausrückung immer mehr verbessert worden; die ursprüngliche Anordnung hierfür, die in dem Lösen der Verbindung zwischen Druckstelze und Stößel durch Wegziehen der beiden Drucksteine unter den Druckstelzen bestand, gab infolge mangelhaften Arbeitens nicht selten zu schweren Gestell- oder Stößelbrüchen Anlaß; später wurde diese Konstruktion durch eine andere, sicherer wirkende ersetzt, bei der die Druckstelzen gelenkig mit dem Stößel verbunden und das große Antriebrad an der Exzenterwelle durch Klauenkupplung ausgerückt werden konnte.

Die neueste Bauart verwirft auch diese, oft schwer zu betätigende Anordnung, umgeht die Klauenkupplung und löst die Frage auf elektrischem Wege durch Anwendung einer sogenannten Arbeitsreglersteuerung[1]). Die betreffenden Scheren werden ganz ohne Schwungrad gebaut und durch in weiten Grenzen (1 : 4) regelbare Gleichstrommotoren angetrieben, die eine außerordentlich hohe Überlastung vertragen und befähigt sind, ein sehr großes Drehmoment bei entsprechender selbsttätiger Herabsetzung der Umlaufzahl zu überwinden. Diese Einstellung der Umdrehungszahl erfolgt mit Hilfe einer aus einer Reihe von Stromwächtern bestehenden Arbeitsreglersteuerung, die in einfachster Weise durch eine selbsttätige elektrische Druckknopfsteuerung, deren Druckknöpfe die Bezeichnung „Auf", „Ab", „Durchlaufen" und „Halt" führen, bedient werden kann. Wird z. B. der Knopf „Halt" gedrückt, so bleibt die Schere augenblicklich im Schnitt stehen und der Stößel kann durch Drücken des Knopfes „Auf" zur Freigabe des Bleches zurückgezogen werden. Auf diese Weise wird eine außerordentlich einfache Bedienung und beim Schneiden dünner Bleche beträchtliche Abkürzung der Schnittzeit und großer Zeitgewinn durch schnellen Rückgang des Stößels erzielt und auch eine wesentliche Stromersparnis gewährleistet.

Blechbiegemaschinen werden für Schiffbauzwecke für Bleche bis 12 m Breite und 55 mm Dicke gebaut; der Antrieb wird durch schwere, im Kammwalzengerüst gelagerte Räder auf die beiden Unterwalzen übertragen, während die senkrecht durch besonderen Antrieb verstellbare Oberwalze durch Reibung mitgenommen wird. Drei in einem als genietetem Träger ausgebildeten Bügel gelagerte Rollenpaare dienen zur Unterstützung der Oberwalze. Diese großen Bieger werden abweichend gegen früher jetzt so gebaut, daß der gesamte Arbeitsdruck von der Maschine in sich aufgenommen wird, so daß schwere Fundamente überflüssig werden.

[1]) vergl. S. 241.

[1]) s. Z. Bd. 68 (1924) S. 6 u. f.

Biegemaschinen für Kesselschmieden und zum Herstellen schmiedeiserner Rohre werden für Bleche bis 8 m Breite und 45 mm Dicke mit 3 oder 4 wagerechten Walzen ausgeführt, wobei die Anordnung des Vierwalzensystems den Vorteil hat, daß man die Blechenden etwas vorbiegen kann; die beiden Mittelwalzen sind hier senkrecht übereinander gelagert, während die durch Schraubenspindeln verstellbaren beiden Seitenwalzen rechts und links von den Hauptwalzen sitzen.

Zum Herstellen von Kesseln aller Art bevorzugt man vielfach die senkrechten Kesselblech-Biegepressen, die nach der Dreipunktanordnung arbeiten. Sie werden für Bleche bis 4500 mm Breite und 45 mm Dicke verwendet und runden die Kessel zu einer einwandfreien Kreisform, so daß Nacharbeiten wie Biegen der letzten Enden hierbei nicht erforderlich werden. Vor den wagerechten Walzmaschinen haben sie außerdem noch den Vorteil, daß sie viel weniger Platz beanspruchen und daß zum Handhaben der Bleche beim Biegen kein Kran erforderlich ist; denn die Bleche werden, auf einer Platte stehend, dem Preßwerk zugeführt und durch ein Spill nach jedem Biegedruck selbsttätig um ein bestimmtes, aber nach Bedarf stellbares Maß vorgeschoben, so daß die Biegearbeit sehr rasch ausgeführt werden kann. Die wesentlichste Neuerung in der Bauart dieser Biegepressen besteht aber darin, daß sie jetzt auch mit unmittelbarem elektrischen Antrieb ausgeführt werden, während sie früher ausschließlich durch Druckwasser betätigt wurden; der Vorschub des Biegebalkens erfolgt ähnlich wie bei Tafelscheren durch Exzenterwelle und Druckstelze. Da diese Pressen für das Ausheben der gebogenen Kesselschüsse aus dem Gegenhalter reichlich hohe Werkstatthallen erfordern, wurden sie dahingehend verbessert, daß dieser Gegenhalter durch mechanischen Antrieb unter Flur versenkt wird, worauf der fertige Kessel ohne weiteres abgehoben werden kann.

Zu den im Schiffbau erforderlichen Großbiegemaschinen gehören auch die Kielplatten-Biegemaschinen, wobei Platten bis 10 m Breite und 40 mm Dicke im rechten, spitzen oder stumpfen Winkel abzubiegen sind; die betreffende Biegearbeit geht hierbei in der Weise vor sich, daß das Blech durch Keilstücke an einen schweren Stahlgußbalken festgeklemmt wird und hierauf eine der Blechbreite entsprechend lange Walze selbsttätig nach oben geht, um das freie Blechende umzubiegen; auch diese Bauarten, die früher ausschließlich für Betrieb mit Druckwasser eingerichtet waren, werden jetzt immer mehr für elektrische Betätigung verlangt.

Zu den wichtigsten für die Schiffsplatten in Betracht kommenden Maschinen gehören die auf Hebelarbeit beruhenden

Lochstanzen

zum Herstellen der Nietlöcher, die in der Regel für Löcher und Blechdicken bis etwa 25 bis 30 mm, in Ausnahmefällen aber auch bis 50 mm verlangt und als Doppelmaschinen ausgeführt werden. Auch auf diesem Gebiet ist eine bahnbrechende Neuerung durch den Bau der sogenannten Einmannstanze geschaffen, zu deren Bedienung, wie schon der Name sagt, ein Arbeiter genügt, während für die Bedienung der gewöhnlichen Hebelstanzen, besonders für die Handhabung der zu lochenden Platten 3 oder 4 Mann erforderlich sind. Dieser große Vorteil wird dadurch erreicht, daß die zu lochenden Bleche nicht wie bei den Hebelstanzen an umständlich zu handhabenden Kranen aufgehängt, sondern auf einen Rollgang gelegt werden, während ein über diesen Rollgang gebautes Portal das an einem Bügel quer verstellbare Lochwerkzeug trägt; der selbsttätige Vorschub des Lochwerkzeuges in der Querrichtung für das Lochen der Querreihen sowie der Vorschub des Bleches am Rollgang für die Lochung der Längsreihen wird von dem am Werkzeugschlitten sitzenden Arbeiter durch Fußtritt und Tastenschalter elektrisch gesteuert, wobei eine optische Körnersuch-Vorrichtung ihm genau die zu lochende Stelle zeigt. Die stündliche Leistung einer solchen Einmannstanze beträgt etwa 600 bis 700 Löcher bei einem Arbeiter, während die Hebelstanzen, obschon zu ihrer Bedienung mehrere Mann erforderlich sind, nur einen Bruchteil dieser Leistung ergeben.

Die Frage der billigsten Herstellung solcher Nietlöcher beschäftigt naturgemäß fortgesetzt sowohl die Betriebsleitungen der Schiffbauanstalten wie die Werkzeugmaschinenkonstrukteure; sie hat auch wegen der Nachteile der durch Stanzen erzeugten Nietlöcher dazu geführt, die Löcher zu bohren; so entstanden die Modelle der Vielspindel-Bohrmaschinen, die dadurch, daß auf ihnen die Platten in Paketen gebohrt werden, eine ungemein hohe Leistungsfähigkeit aufweisen. Solche Bohrwerke sind in Hobelmaschinenbauart gehalten, haben Tischlängen bis 10 m und können Plattenpakete bis 2300 m Breite bearbeiten. Der senkrecht bewegliche Querbalken trägt eine große Anzahl Bohrspindeln (bis 32), die gemeinsam von einem am Querbalkenende angeordneten Motor angetrieben werden. Gebohrt wird durch selbsttätigen Niedergang des Querbalkens mit den Bohrspindeln, der, sobald die Platten gebohrt sind, mit beschleunigter Geschwindigkeit wieder in die frühere höchste Stellung zurückkehrt, während der Tisch um die Nietteilung selbsttätig vorgeschoben wird, worauf das Spiel des Niedergangs des Querbalkens sich wiederholt. Auch bei diesem Bohrwerk hat der Konstrukteur die Vorteile des elektrischen Stromes voll auszunützen verstanden, für den Tischvorschub einen besonderen Motor angeordnet, der so genau gesteuert werden kann, daß die durch Wechselräder einzustellende Teilvorrichtung bzw. die Tischschaltung von Nietloch zu Nietloch vollständig fehlerlos arbeitet.

Die hier vorgeführten Beispiele zeigen in allgemeinen Zügen, welche Anforderungen der Maschinenbau an die Leistungsfähigkeit der schweren Arbeitsmaschinen stellt und in welcher Weise der Konstrukteur diesen Anforderungen gerecht wird; sie zeigen seine Mittel und Ziele, die darauf gerichtet sind, die Elektrotechnik immer mehr für die Betätigung der verschiedensten Handhabungen und Mechanismen zu benutzen; durch ausgedehntes Hand-in-Hand-Arbeiten des Elektrotechnikers mit dem Werkzeugmaschinenkonstrukteur und Vertiefen in die gegenseitigen Sonderfächer können diese Bestrebungen am wirksamsten gefördert werden. [B 82]

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Heft 9 folgt als Fachheft „Werkzeugmaschinen II" mit neuen Arbeiten über Sonderwerkzeugmaschinen, Einzelantrieb, Maschinen- und Handarbeit, Kleinwerkzeugmaschinen im Schiffbau u. a. sowie den Schlußabschnitten der in Heft 8 begonnenen Aufsätze.

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

NR. 9 SONNABEND, 28. FEBRUAR 1925 BD. 69

Werkzeugmaschinen II.

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 296.

Die Sondermaschine.

Von Dir. K. Jung, Berlin.

Bedeutung der Sondermaschinen für die deutsche Fertigung. Beispiele: Bearbeitung des Armes, der Grundplatte und anderer Teile einer Nähmaschine, Ausführung einzelner Arbeiten bei verkürzten Zeiten und für genaue Maße, Schleifarbeiten. Richtlinien für die Anwendung von Sondermaschinen. Einfluß auf das Wirtschaftsleben.

Die Bedeutung der Sondermaschine ist so einschneidend für den Fertigungsgang und damit auch gewissermaßen für das gesamte Wirtschaftsleben, daß es notwendig erscheint, die Fertigungstechnik darauf hinzuweisen, daß es wohl kein besseres Mittel gibt, befriedigende wirtschaftliche Leistungen bei bester Rentabilität eines Betriebes zu erreichen. Bei unsrer allgemeinen Lage dürfen wir nicht außer acht lassen, daß außergewöhnliche Mittel angewandt werden müssen, unsre Fertigungswirtschaft zu heben, damit wir nicht durch auswärtige Konkurrenz zu weit in den Hintergrund gedrängt werden und damit wir auf dem ausländischen Markt langsam wieder Boden gewinnen. Unsre erfolgreichste Konkurrenz Amerika, ist einzig und allein dadurch in den Vordergrund gerückt, daß es den Werkzeuggedanken stark ausgebildet hat bis zur letzten Konsequenz: der Sondermaschine. Die Amerikaner haben längst erkannt, daß man mit billigen Löhnen kein großes Geschäft aufbauen kann, daß man damit keine Sicherheit für die dauernd gute Leistung einer Fabrik erhält, und daß man bezüglich der Güte der ausgeführten Arbeit auch kein gleichmäßiges Ergebnis unter allen Umständen erreichen kann, sondern daß es nur möglich ist, reibungslos die Fertigung zu betreiben durch Einsetzen geeigneter Sondertechnik, das heißt von Sonderwerkzeugen und Sondermaschinen. Eingeweihten Fertigungsingenieuren dürfte es vielleicht überflüssig erscheinen, immer wieder darauf hinzuweisen. Trotzdem bin ich der Meinung, daß wir es gar nicht oft genug tun können; denn wir haben uns in Deutschland, gezwungen durch unsre drückenden politischen Verhältnisse in der letzten Zeit dem Studium der ganzen Fertigungstechnik nicht genügend widmen können, und jetzt erst scheint es wieder mehr möglich zu sein, sich mit der Fabrikation rein technisch stärker zu beschäftigen, nachdem in andern Ländern bereits erhebliche Fortschritte zu verzeichnen sind. Wir müssen mit aller Kraft darangehen, diesen Vorsprung einzuholen. Hierfür spielt aber die Fertigung die größte Rolle. Bei der Festlegung eines Arbeitsverfahrens sollte man sich jedesmal genau überlegen, wie weit man die Sondermaschine, den Gedanken des Sonderwerkzeuges also, aus-

RZ 1152 3-6

Abb. 3 bis 6.
Nähmaschinenarm, zweite Arbeitsstufe auf Sondermaschine, Abb. 7 und 8 (Textbl. 1), für 7 Fräsungen und 5 Bohrungen, s. S. 259.

RZ115Z9-12

Abb. 9 bis 12.
Nähmaschinenarm, dritte Arbeitsstufe auf Sondermaschine, Abb. 13, (Textblatt 1) für 3 Fräsungen, 10 Bohrungen und 2 Senkungen.

bilden muß, um von vornherein unnütze Lohnausgaben zu vermeiden. In den meisten Fällen wird mit untauglichen Mitteln angefangen, die Fabrikation wird teuer in Bewegung gesetzt, und erst nachdem eine ganze Zeit lang Löhne ohne Nutzen ausgegeben worden sind, bequemt man sich endlich dazu, etwas mehr auf das Einsetzen zweckentsprechender Maschinen zu geben. In den meisten Fällen liegt es so, daß der Betriebsmann genau weiß, daß man es anders machen sollte, aber er wird von der kaufmännischen Leitung zu sehr beeinflußt, mit billigen Mitteln die Fertigung aufzunehmen.

Für die Entscheidung, ob mit normaler Werkzeugmaschine mit entsprechender Vorrichtung oder mit Sondermaschine zu fabrizieren ist, kommt es auf verschiedene Punkte an:

1. Wie hoch ist die Tagesproduktion?
2. Welche Schwierigkeiten können bei der Weiterverarbeitung entstehen, wenn sich durch Bearbeitung an verschiedenen Stellen der Werkstücke gewisse Ungenauigkeiten an den bearbeiteten Teilen nur schwer vermeiden lassen?
3. Wie hoch ist der Preis der zu bearbeitenden Teile im Rohzustand?
4. Wieviel Fertigungsvorgänge sind an den gesamten Teilen auszuführen?

RZ115Z14-17

Abb. 14 bis 17.
Nähmaschinenarm, vierte Arbeitsstufe auf Sondermaschine, Abb. 18 und 19 (Textbl. 1) für 22 Bohrungen und 3 Senkungen.

RZ115Z30

Abb. 30. Hebe- und Schiebewellen einer Nähmaschine.

Abb. 1.

RZ115Z1

Abb. 2.

RZ115Z2

Abb. 1 und 2. Fräsen der Grundfläche und der vorderen Auflagefläche eines Nähmaschinenarmes in Vorrichtungen auf üblichen Werkzeugmaschinen.

Die Höhe der Tagesproduktion ist von vornherein von fast ausschlaggebender Bedeutung. Die übrigen Punkte stehen damit in engster Beziehung. Es wird aber auch, selbst bei nicht allzuhohen Fertigungszahlen, unter schärfster Berücksichtigung aller Punkte sehr oft möglich sein, die Sondermaschinen selbst bei ihren hohen Anschaffungskosten einzusetzen, wenn nur der Fertigungstechniker den wirtschaftlichen Gedanken klar vor sich sieht.

Anwendung von Sondermaschinen.

Wie Sondermaschinen im einzelnen zu verwenden sind und welche Leistungen mit ihnen erzielt werden können, sei im folgenden gezeigt. Für eine Nähmaschine, wovon rd. 1000 Stück wöchentlich hergestellt werden, sei hier als Beispiel die Bearbeitung des Armes dargestellt, s. Abb. 1 bis 19. Die Grundfläche sowie die Auflagefläche für den Deckel des vorderen Gehäuses fräst man in Vorrichtungen auf üblichen Werkzeugmaschinen. Mit der fertigen Grundfläche als Anlage wird sodann der Arm in drei Sondermaschinen fertig gefräst und gebohrt. Zunächst werden in der zweiten Arbeitsstufe die Arbeiten nach Abb. 3 bis 6 (S. 257) von der Maschine nach Abb. 7 und 8 (Textbl. 1) ausgeführt; diese fräst sieben Stellen und bohrt fünf Löcher, wovon eines gleichzeitig ausgesenkt wird. Der ganze Arbeitsgang beansprucht nicht mehr als 2 min. Die gleiche Zeit braucht man, um die Arbeiten der dritten Arbeitstufe nach Abb. 9 bis 12, nämlich drei Fräsungen, zehn Bohrungen und zwei Senkungen, auf der Maschine nach Abb. 13 (Textbl. 1) auszuführen. Der in Abb. 12 gezeichnete Nutenfräser durchläuft dabei drei verschiedene Richtungen; er arbeitet sich in das Werkstück hinein, verschiebt sich wagerecht in der Ebene der Fräserscheibe, dann senkrecht abwärts und kehrt an der Stelle, wo er ins Werkstück eingedrungen war, in die Ruhelage zurück.

RZ115Z20-23

Abb. 20 bis 23. Nähmaschinen-Grundplatte, erste Arbeitsstufe auf Sondermaschine, Abb. 24 Textbl. 1) für 17 Bohrungen und 5 Fräsungen.

Abb. 26 bis 28. Nähmaschinen-Grundplatte, zweite Arbeitsstufe auf Sondermaschine, Abb. 25 (Textbl. 1), für Bohrungen, Fräsungen, Gewindeschneiden und Schlitzen.

Abb. 31 bis 33. Bearbeitung von Hebe- und Schiebewellen, Abb. 30, auf Sondermaschine, Abb. 29 (Textbl. 1).

Die noch verbleibenden 22 Bohrungen und drei Senkungen, Abb. 14 bis 17, der vierten Arbeitstufe führt die Maschine nach Abb. 18 und 19 (Textbl. 1) aus. Während die Bohrschlitten auf dem Bett das Werkstück bearbeiten, sind die senkrecht dazu gelagerten noch in Ruhe. Sind nach dem Rückgang der beiden ersten Schlitten die Wege für die beiden letzten Schlitten frei geworden, so setzen sie mit ihrer Arbeit ein. Die toten Wege der Werkzeuge werden durch Umschalten auf Schnellgang so stark abgekürzt, daß die Gesamtzeit für die Arbeiten nicht ganz 2 min beträgt.

Bei allen drei Maschinen sind für den Antrieb breite Riemenscheiben für schweren Riemenzug angebracht und die Führungen der Schlitten sowie die Lagerungen der Wellen lang ausgeführt. Alle Maschinen werden selbsttätig stillgesetzt, wenn der Arbeitsgang beendet ist.

Zwei weitere Sondermaschinen dienen zum Bohren, Fräsen, Senken und Schlitzen der Grundplatte, Abb. 20 bis 23. Jede der beiden Maschinen beansprucht für ihre Arbeit rd. 1½ min. Gleichzeitig 17 Bohrungen und 5 Fräsungen der ersten Arbeitsstufe nach Abb. 20 bis 23 stellt die Sondermaschine nach Abb. 24 (Textbl. 1) her. Die zweite Maschine, Abb. 25 (Textbl. 1), hat außer den üblichen Bohr- und Fräsarbeiten in vorgebohrte Löcher Gewinde zu schneiden und ein vorgebohrtes Auge zu schlitzen, Abb. 26 bis 28.

Daß sich die Verwendung der Sondermaschine den Umständen leicht anpassen läßt, zeigt die Maschine nach Abb. 29 (Textbl. 1), die alle in Abb. 30 (S. 259) dargestellten Teile aus Rohlingen einbaufertig in einmaligem Aufspannen nach Abb. 31 bis 33 bearbeitet. In einer drehbaren Aufnahme sind um 90° gegeneinander versetzt Spannbacken angeordnet. Die Werkzeuge arbeiten an drei Stellen zu gleicher Zeit. Dadurch, daß ein Werkstück immer um eine Vierteldrehung weiterrückt, werden die Bearbeitungen nacheinander ausgeführt, und trotzdem kann man bei jeder Umschaltung ein fertiges Stück herausnehmen. Die ganze Arbeit dauert rd. 1 min. [B 115]

(Schluß folgt).

Jung: Die Sondermaschine.

Abb. 7 und 8. Maschine für die zweite Arbeitsstufe nach Abb. 3 bis 6 (S. 257).

Abb. 18 und 19. Maschine für die vierte Arbeitsstufe nach Abb. 14 bis 17 (S. 258).

Sondermaschinen zur Bearbeitung eines Nähmaschinenarmes.
(Die erste Arbeitsstufe nach Abb. 1 und 2, S. 259, wird auf üblichen Fräsmaschinen mit Einspannvorrichtung ausgeführt.)

Jung: Die Sondermaschine.

Abb. 13. Maschine für die dritte Arbeitsstufe am Nähmaschinenarm nach Abb. 9 bis 12 (S. 258).

Abb. 24. Maschine für die erste Arbeitsstufe an der Grundplatte nach Abb. 20 bis 23 (S. 259).

Abb. 25. Maschine für die zweite Arbeitsstufe an der Grundplatte nach Abb. 26 bis 28.

Abb. 29. Maschine für die Bearbeitung der Hebe- und Schiebewellen, Abb. 30, nach Abb. 31 bis 33.

Sondermaschinen zur Bearbeitung von Nähmaschinenteilen

Die deutsche Drehbank des Jahres 1925.

Von Dr.-Ing. B. Buxbaum, Charlottenburg.

Übersicht über die in der jüngsten Zeit herausgebrachten Verbesserungen an Drehbänken. Verschiedene, an die Konstruktion einzelner Drehbanktypen zu stellende Anforderungen. Erfüllung oder Nichterfüllung dieser Anforderungen durch die heutigen Bauarten.

Grundlegende Neuerungen im Antrieb von Drehbänken scheinen nicht vorzuliegen, an Einzelteilen hat man aber gearbeitet. Größte Beachtung findet bei einigen Werken der elektrische Einzelantrieb, vor allem dessen neuzeitlichste Ausführungsform, mit unmittelbar an den Spindelkasten angeschlossenem Flanschmotor. Nach dem Kriege gab es wohl nur eine Ausführung dieser Art, die amerikanische von Ryerson-Conradson, der Motor lud aber noch zu weit aus. Die Vorteile dieses Antriebes: unmittelbare Krafteinleitung ohne Riemen, ohne seitlichen Riemenzug, ohne Nachspanneinrichtung für den Riemen durch Rolle oder Motorschienen, ohne Platzbedarf für den Motor auf dem Fußboden, sind sehr wesentlich. Dazu kommt die Möglichkeit, einen normalen Motor zu verwenden, an dem nur der Fuß und das vordere Lagerschild fortgelassen sind, d. h. man hat alle Vorteile der leichten Ersatzteilbeschaffung und der freien Zugänglichkeit des normalen Motors und fast keine Nachteile gegenüber dem in den Spindelkasten unmittelbar eingebauten Motor, dessen schwerwiegende Nachteile entfallen. Der angeflanschte Gleichstrom-Reglermotor in Verbindung mit einem guten, nicht zu weitgehend gestuften Räderkasten ist wohl heute die beste Lösung.

Der verbesserte Einscheibenantrieb schließt aber die Verwendung der Stufenscheibe für den Hauptantrieb keineswegs aus. Beim Schneiden genauer Gewinde, vor allem also beim Herstellen guter Schneid- und Meßwerkzeuge für die Gewindefabrikation, und bei sauberster Schlichtarbeit bleibt die gute alte Stufenscheibenbank mit dreistufiger Scheibe, einem doppelten oder zweifach doppelten Rädervorgelege und freiem Wechselräderantrieb für die Leitspindel überlegen; denn trotz genau geschnittener und allenfalls gehärteter und geschliffener Zahnräder bleibt die Weichheit des Riemenantriebs unübertroffen. In der Genauigkeit und der Weichheit des Laufens kann die Räderbank für solche Sonderzwecke die Riemenbank nicht verdrängen. Abb. 1 zeigt die bekannte Drehbank von Gebr. Böhringer mit Antrieb durch Flanschmotor.

Abb. 1. Spindelkasten mit Flanschmotor der Drehbank von Gebr. Böhringer, G. m. b. H., Göppingen.

Spindelkasten.

Die eingehenden Veröffentlichungen der letzten Jahre über die Gesetze der Stufung, die Überlegenheit der geometrischen Reihe und den Stufensprung sowie die erhöhte Aufmerksamkeit, die man der Vorkalkulation schenkt, haben die Drehbankkonstrukteure veranlaßt, ihre Räderkästen besser durchzubilden. Verschieberäder herrschen vor; doch benutzt man für die erste Stufentreppe auch die Nortonschwinge, was bei hohen Geschwindigkeiten noch zulässig ist, weil in diesem Bereich nur kleine Zahndrücke auftreten, vorausgesetzt, daß der Schwenkriegel in jeder Stellung genügend gesichert wird (am besten durch Verschraubung), damit er bei Rechts- und bei Linksgang standhält, und daß die Unterbrechung des Kastengehäuses durch den Schwenkhebel in den Kauf genommen werden kann.

Das Mißtrauen gegen Reibkupplungen im Spindelkasten ist nicht geringer geworden; es gilt aber wohl in der Hauptsache der Spreizkupplung und vor allem der auf den letzten Stufen; denn hier ist sie gegen Überlastung, zumal bei stoßender Dreharbeit, empfindlich und erschwert das Schalten bei zu stramm eingeschlagener Kupplung. Mehrere namhafte Firmen schätzen trotzdem die Vorzüge des schnellen Schaltens während des Ganges so sehr, daß sie die Reibkupplung (Kegel oder Spreizring) beibehalten; übermäßiges Rutschen bei Überlastung und vorzeitiges Abnutzen der Reibflächen soll hierbei nicht aufgetreten sein. Voraussetzung hierfür sind jedenfalls großer Durchmesser und große Breite der Reibfläche. Anderseits wird eine gewisse Nachgiebigkeit beim Umschalten zur Verringerung der Stromstöße vielfach geschätzt. Wesentlich für ordnungsmäßiges Arbeiten der Reibkupplungen ist eine gut und vor allem gut von außen zugängliche Nachstellvorrichtung.

Prüft man die Abmessungen der vorhandenen Räderkästen auf Zweckmäßigkeit besonders im Sinne der Stufung, so bleibt noch manches zu wünschen. Die Geschwindigkeitsstufen überlagern sich hier und da, so daß die Stufen zum Teil überflüssig sind, es finden sich aber auch Lücken zwischen den Stufen, so daß für manche Durchmesser keine wirtschaftliche Schnittgeschwindigkeit zur Verfügung steht. Mehrfach kann man die doppelte Spitzenhöhe der Maschinen nicht voll ausnutzen, d. h. auch bei der geringsten Drehzahl die größten vorkommenden Gewindedurchmesser nicht schneiden, und auch kleinere Durchmesser nicht mehr vorteilhaft bearbeiten. Hier und da geht die Übersetzung zu weit, so daß die langsamste Stufe für Durchmesser oberhalb der doppelten Spitzenhöhe in Frage käme. Die Feinheit der Stufung wird gelegentlich übertrieben; die Maschine wird dadurch zu teuer, zumal man mit Gleichstrom-Regelmotor ohnehin jeden gewünschten Stufensprung erreichen kann. Gerade bei Drehbänken ist der Gleichstromantrieb besonders vorteilhaft.

Die elektrischen Antriebe k l e i n e r e r D r e h b ä n k e haben leider wenig Fortschritte gemacht. Die einfache Wippe, meist recht notdürftig angeflickt, ist immer noch der bescheidene Höhepunkt der heutigen Entwicklung. Einen konstruktiven Abschluß, derart, daß man die Hauptteile auf Lager halten könnte (nur die Anschlußlöcher an der Maschine müßten passend gebohrt werden), hat dieses Antriebmittel noch nicht erreicht, auch Fehler, z. B. daß der Motor nicht fest mit der Maschine verbunden ist, kommen vor; dabei ist gerade die Möglichkeit, den elektrischen Einzelantrieb in der Werkstatt beliebig zu verlegen, sein wichtigster Vorteil. Leider versehen auch erste Werke die Drehbankkörper oder Drehbankfüße noch nicht mit Angüssen für die Befestigung der Wippenteile; die Be-

Abb. 2. Elektrischer Einzelantrieb an kleineren Drehbänken (Ludw. Loewe & Co., A.-G.).

schaffung und Anbringung aller Teile dafür erfordern sechs bis acht Wochen, die glatt gespart werden könnten.

Eine Verbesserung stellt die Loewe-Bauart, Abb. 2, dar, wobei man den Riemen durch einfaches Verschieben der Riemengabel, d. h. ohne Schwenken einer Spannwippe, von einer Stufe auf die andere umlegen kann. Aber diese Ausführung ist noch kostspieliger und, zurzeit wenigstens noch, zeitraubender zu beschaffen als die Wippe. Jedenfalls müßte man endlich einmal mit der Typung anzubauender elektrischer Einzelantriebe, der Normung ihrer Teile Ernst machen und passende Angüsse an den Maschinenkörpern regelmäßig anbringen. Das Haupthindernis für den stärkeren Absatz dieser Antriebe liegt bei den Herstellern.

Feste Drehbanktypen, abgestuft nach Spitzenhöhe und Spitzenentfernung, Verwendung (Vielzweck- oder Einzweckmaschine) und Durchzugkraft hat man noch nicht weiter ausgebildet; in dieser Beziehung stehen wir noch ganz im Anfang, was Auswahl, Preisvergleich, richtige Arbeitsverteilung und Auswechselbarkeit der Maschinen erschwert.

Körper.

Die Bettverrippung wird heute mehr beachtet; sehr gut scheint die von mehreren Seiten eingeführte diagonale Peters-Verrippung, insbesondere gegen Verdrehung. Die Bettbreiten weichen auch bei Bänken von gleicher Durchzugkraft stark voneinander ab. Die Ansichten über die Prismenform sind noch nicht geklärt; wenn man für Schruppbänke zwar auch die Flachführung bevorzugt, so findet man doch auch bei diesen Sondermaschinen ohne eigentliche Berechtigung das Schrägprisma. Ob man dieses bei Universaldrehbänken besser symmetrisch oder unsymmetrisch ausführt, und das unsymmetrische mit der schmaleren Fläche nach innen oder nach außen, ist ungeklärt; die unsymmetrische Ausführung ist seltener. Ob sie wirklich den Stahldruck besser aufnimmt, bleibt zu beweisen; theoretische Kraftparallelogramme beweisen nichts, der Beweis muß sich vielmehr auf die Abnutzung der Bettführung und auf praktische Beobachtungen stützen.

Die frühere Vorliebe für gekröpfte Drehbänke geht ständig mehr zurück; Werkstücke, die man früher in der Kröpfung gedreht hat, kommen heute auf der Kopfbank, dem Karussel und der geraden Drehbank mit entsprechend großer Spitzenhöhe unter. Gekröpfte Bänke kommen heute eigentlich nur für kleinere Betriebe in Betracht.

Stahlhalter.

Das amerikanische Stichelhaus und die drehbare Spannklaue herrschen vor; das Stichelhaus ist rasch und bequem einstellbar, gibt aber leicht unter dem Stahldruck nach, d. h. es läßt den Stahl mit dem Segment wegrutschen oder dreht sich selbst um die Längsachse. Die Spannklaue hält fester, verändert bei Höhenverstellung auch nicht die Schneidenwinkel, man muß aber Blech unterlegen, wenn man die Höhe verstellen will. Mittel zum Erleichtern der Stahleinstellung hat man versucht, aber einwandfreie noch nicht gefunden. Einlegehalter mit bogenförmiger Nut und entsprechend gebogenen Einlegestählen haben den Nachteil, daß sich wie beim amerikanischen Stichelhaus bei Höhenverstellung der Winkel ändert, machen außerdem vom Werkzeuglieferer abhängig, da die Stähle ein besonderes Profil haben und nicht, was einfacher ist, von der gewalzten Stange abgeschnitten werden können. Anfechtbar scheint, daß man auch auf kleinen Mechaniker- und Tischdrehbänken statt des runden Stichelhauses die Klaue verwendet, die für die leichten Drehstähle zu schwer ist, allerdings eignet sie sich gut zur Aufnahme besonderer Zusatzvorrichtungen.

Supportplatte.

Das Handrad zum Längsverschieben des Supports auf dem Bett liegt bei uns oft rechts, d. h. gerade dort, wo sich der Arbeiter gegen die Räderplatte lehnt; sie ist also im Weg und hindert den Mann daran, ganz nahe an die Drehbank zu gelangen. Die Anordnung links, wie bei den meisten amerikanischen und manchen deutschen Maschinen ist empfehlenswerter. Umgekehrt sitzt das Mutterschloß häufig links, während es rechts besser säße. Mehrfach findet man statt der Handräder Handkurbeln, was vermieden werden sollte.

Mechanikerdrehbänke.

Diese für unsere feinmechanische Industrie wichtigen Maschinen zeigen Verbesserungen, sorgfältiger geschabte Betten, bessere Spindellagerungen, gute Schmierung (Drehzahlen bis etwa 3000 Uml./min), stärkere Spindeln mit weiteren Bohrungen, geschliffene Patronen, gutes Fluchten der beiden Spitzen, kräftige Gewindeschneideinrichtungen ohne axiale Verschiebung der Arbeitspindel. Diese Verschiebung kommt eigentlich nur für die leichtesten Maschinen in Frage; denn es genügt nicht, den Axialdruck bei angestrengtem Bohren durch einen halben Ring aufzunehmen, und die besondere Axialstütze hierfür ist ein Notbehelf; außerdem spricht bei der neueren Ausführung, wo die Schwenkwelle hinten gelagert ist und ein Patronenarm sowie ein Stahlhalterarm vorhanden sind, der besondere Vorteil mit, daß der Drehstahl im Hauptsupport stets zur Verfügung steht, während der Gewindestahl im Stahlhalterarm unveränderlich fest sitzt, also die Bank zwei Werkzeuge gleichzeitig aufnimmt. Beim Antrieb hat der Flachriemen den Rundriemen weitgehend verdrängt, ein Zeichen dafür, daß diese Maschinchen schwerer geworden sind. Die Prismenform ist noch nicht geklärt, auch hier findet man verschiedene Ausführungen nebeneinander. Nachteilig ist, daß die Spannpatronen nicht genormt sind.

Allgemeines.

In den letzten Jahren hat der Bau von Leitspindeldrehbänken durch verschiedene Werke Aufnahme gefunden, die diesem Zweig des Werkzeugmaschinenbaus vorher fernstanden. Auf der vorigen Leipziger Frühjahrsmesse hatten allein 28 Firmen Leitspindeldrehbänke ausgestellt; dazu kommt noch die große Zahl derer, die nicht ausstellten, für Händler oder für den Export arbeiten. Man sollte daher nicht jedes Erzeugnis dieser Art als „Präzisions"-Leitspindeldrehbank bezeichnen, der Name „Werkstatt-Leitspindeldrehbänke" wäre für die Mehrzahl ausreichend.

Die Leitspindeldrehbank ist heute für den hoch entwickelten Maschinenbau nur noch in wenigen Fällen eine

Abb. 3. Leitspindeldrehbank von F. A. Scheu, Berlin.

Fabrikationsdrehbank. Das Gewindeschneiden hat ihr die Entwicklung der Revolverbänke und Automaten, der Bolzenschneidemaschinen, der Gewindefräsmaschinen, der Schneidköpfe usw. zum größten Teil abgenommen. Die Leitspindeldrehbank gehört daher in der Hauptsache in die Werkzeugmacherei und die Werkzeugfabriken, wofür sie aber wirklich Präzisionserzeugnis sein soll, und in zweiter Linie in die Ausbesserwerkstätten. Bauliche Einzelheiten kann der Käufer noch ohne Schwierigkeiten prüfen, auch die richtige Stufung der Geschwindigkeiten und Vorschübe, wofür man sich bei Angeboten immer das Sägendiagramm vorlegen lassen sollte.

Zum Beurteilen der Genauigkeit genügen aber nicht einfache Angaben aus Veröffentlichungen über bekannte Vorbilder, wonach meist Abweichungen von 0,02 bis 0,03 mm auf 1 m Länge höchstens zulässig sein sollen. Es ist bekannt, daß die Abnahmeprüfung einer wirklich guten Drehbank auch noch ganz bestimmte absichtliche Abweichungen verlangt, die den Verbiegungen durch Stahldruck und Gewicht der Werkstücke Rechnung tragen sollen und von der Schwere der Maschine insofern abhängen, als sie bei leichten Bänken größer als bei schweren von gleicher Spitzenhöhe sind, dadurch aber gerade wieder bei leichten Werkstücken eine größere Ungenauigkeit als bei schweren ergeben können. Auf der richtigen Wahl derartiger absichtlicher Abweichungen aber beruht zum Teil der Wert der genauen Maschinen. Beispiele für derartige Kniffe sind folgende (für mittelschwere Drehbänke): Beim Plandrehen darf unter keinen Umständen eine ballige Fläche entstehen; geringes Hohlwerden ist zulässig. Deshalb muß der Support um etwa $^1/_{100}$ mm schräg nach links geschabt werden, da genau rechtwinkliges Schaben keine genügende Sicherheit bietet. Da sich der Reitstock unter dem Gewicht schwerer Werkstücke stärker als der Spindelkasten senkt und durch den Stahldruck nicht so stark wie die Spindel gehoben wird, da er sich ferner durch das Hin- und Herschieben auf dem Bett gegenüber dem feststehenden Spindelkasten abnutzt, so muß er um etwa $^1/_{100}$ mm höher als der Spindelkasten geschabt werden. Die Spitzen von Spindelkasten und Reitstock werden durch schwere Werkstücke nach unten gedrückt, wodurch ihre Parallelität verloren gehen kann; folglich müssen sie an den Spitzen um etwa $^1/_{100}$ mm höher als am hinteren Ende stehen. In ähnlicher Weise muß man dem Stahldruck, der von vorn nach hinten wirkt, dadurch Rechnung tragen, daß man die Spindelstockspitze und die Reitstockspitze etwas nach der vorderen Langseite zu, d. h. nach dem Stahl zu schräg stellt. Die zuletzt aufgeführten absichtlichen Fehler gleichen Werkstückgewicht und Stahldruck normalerweise so aus, daß sie so gut wie verschwinden. Tritt das auch niemals vollkommen ein (da eben Werkstückgewicht und Stahldruck immer anders sind), so wird die erreichte Annäherung doch größer, als wenn man die Bank absolut genau herzustellen versuchen würde, denn absolute Genauigkeit ist bekanntlich nicht zu erzielen, und es ist immer vorteilhaft, die unvermeidliche Abweichung wenigstens nach der Seite hin zu verlegen, wo sie am wenigsten schadet.

Einzelne Ausführungen.

Die Leitspindeldrehbank von F. A. Scheu, Abb. 3, lehnt sich an die amerikanische, als gut bekannte Konstruktion von Le Blond an und scheint nicht nur die konstruktiven, sondern auch die technischen Vorzüge dieser Maschine übernommen zu haben. Das Bett ist außerordentlich hoch und kräftig, die Füße sitzen, was sich in den letzten Jahren mit Recht mehr eingebürgert hat, etwas nach innen d. h. statisch richtiger. Ob der Stufenscheibenantrieb des Spindelkastens bei dieser Schwere noch angebracht ist, kann bezweifelt werden, ist aber vielleicht aus Preisgründen und bei Beschränkung auf. bestimmte Arbeiten gerechtfertigt. Da doppeltes Reibrädervorgelege vorhanden ist, so lassen sich in Verbindung mit dem doppelten Deckenvorgelege 18 geometrisch abgestufte Geschwindigkeiten erreichen. Die Bettführung hat unsymmetrisches vorderes Prisma. Die Räderplatte ist ganz besonders stark; alle Wellen sind zweimal gelagert. Statt der Reibkupplung für den Selbstgang der Planbewegung ist eine Klauenkupplung vorhanden, die zwar starr ist, aber natürlich nicht so genau auslöst und einrückt wie jene. Das Stichelhaus spannt den Stahl mit zwei Schrauben fest. Die Maschine braucht bei 210 mm Spitzenhöhe 4 PS, bei 250 mm Spitzenhöhe 5 PS und wird mit Spitzenentfernungen von 700 bis 2000 mm gebaut.

Mit dem Spitzenautomaten von Gebrüder Heinemann, Abb. 4, ist eine für die zwischen Spitzen zu bearbeitenden Drehteile bestimmte Maschine auf dem deutschen Markt erschienen, für die bisher selbsttätig arbeitende Maschinen fehlten. Während Guß- und Schmiedestücke auf dem Halbautomaten bearbeitet werden konnten, hatte man für Stangen und Bolzen usw. nur den normalen Automaten oder die Revolverbank; für Teile, deren Bohrung bereits fertig war, d. h. für das Bearbeiten auf dem

Abb. 4. Spitzenhalbautomat von Gebr. Heinemann A.-G., St. Georgen.

Abb. 5 und **6.** Plandrehbank mit Flanschmotor von A. Wohlenberg, Hannover.

Abb. 7. Schrauben- und Fassondrehbank von G. Kärger, A.-G., Berlin.

Dorn zwischen Spitzen, fehlte eine wirtschaftliche Maschine überhaupt.

Die Maschine (auch andere Firmen haben derartige Maschinen in Arbeit) hat Räderkasten mit acht Drehzahlen von 28 bis 250 Uml./min. (Stufensprung 1,35), bei Antrieb durch Gleichstrom-Regelmotor 19,5 bis 250 Uml./min (Stufensprung 1,06), bei polumschaltbarem Drehstrommotor 25,5 bis 250 Uml/min (Stufensprung 1,2). Der vordere Werkzeugschlitten hat Kreuzschieber und nimmt das Werkzeug durch einfachen Stahlhalter oder einen schweren vierfachen Messerkopf auf. Einrichtungen zum Kegelig- und Balligdrehen können geliefert werden. Der hintere Schlitten ist zum Plandrehen bestimmt und trägt ähnliche Stahlhalter, er kann auch allgemein zum Drehen von steilen Kegeln eingerichtet werden. Der Längsvorschub wird für beide Schlitten an der Endstellung gemeinsam ausgerückt; in die Anfangstellung führt man die Schlitten mit dem Handrad zurück. Einzeln kann man jeden Schlitten mit Hilfe von Reibkupplungen einstellen. Bolzen schruppt man mit zwei bis vier Stählen gleichzeitig, was die Drehlänge auf ½ bis ¼ verringert; dabei sticht man zunächst 1 bis 3 Nuten von hinten selbsttätig ein. Sind mehr als 20 mm im Durchmesser abzudrehen, so nimmt man zwei Späne. Die Spitze in der Arbeitspindel kann man zum raschen und bequemen Auswechseln der Werkstücke mittels Handrades zurückziehen. Vorgebohrte Stücke werden auf fliegendem Dorn oder auf einem zwischen Spitzen aufgenommenen Dorn bearbeitet. Der Vorschub beträgt je nach Spantiefe für Längsschruppen 0,1 bis 0,2 mm, für Einstechen mit Nutenstahl 0,1 mm. Zum Schlichten von Riemenscheiben und dergl. sind Vorschübe von 1 bis 2 mm vorhanden.

Bei der Plandrehbank mit Flanschmotor von A. Wohlenberg, Hannover, Abb. 5 und 6, hat der Regelmotor 950 bis 1900 Uml./min bei 10 Regelkontakten. Drehzahl der Maschine: 3 bis 192 Uml./min, mit 8 Vorgelegen im Spindelstock, also einschließlich der 10 Kontakte 80 Abstufungen. Die von früher her bekannte Sonderschnelldrehbank der gleichen Firma zum Arbeiten mit besonders hohen Schnittgeschwindigkeiten ist jetzt in größerer Ausführung zu haben. Sie arbeitet mit Drehzahlen von 15 bis 600 Uml./min in 56 Stufen (7 Vorgelege und 8 Kontakte), Antrieb durch 30 PS-Gleichstrom-Regelmotor mit 800 bis 1600 Uml./min; die Bettbreite beträgt 550 mm. Auf der Maschine werden Schrupparbeiten an MS-Stahl mit 100 m/min und Schlichtarbeiten mit 180 m/min ausgeführt.

Die schon so oft als altmodisch bezeichnete Berliner Schraubenbank, die aber von allen mit der Schraubenherstellung praktisch Vertrauten stets hochgeschätzt wurde, ist vervollkommnet worden und rückt damit in die Reihe neuzeitlicher Werkzeugmaschinen ein. Die wichtigsten Neuerungen der Schrauben- und Fassondrehbank von G. Kärger A.-G., Berlin, Abb. 7, sind: Einscheibenspindelkasten mit drei Drehgeschwindigkeiten (wie bisher) und drei Gewindeschneidgängen (bisher nur einer), ferner mit einer gleichbleibenden Rücklaufgeschwindigkeit zum Zurückholen der Gewindeschneidwerkzeuge; der Support hat statt der beiden alten Stichelhebel einen Doppelsupport mit zwei Stahlhalterschlitten, wovon jeder für sich auf den gewünschten Drehdurchmesser eingestellt werden kann (wie beim Quersupport der Revolverbank). Der Längsgang wird dann nicht mehr mit der Hand, sondern selbsttätig eingestellt, nur der Abstechhebel ist geblieben. Am vorderen Support ist ein gegen eine Kopierschiene austauschbares Kegellineal angeordnet. [B 154]

Einzelantrieb von Werkzeugmaschinen.

Von Karl Meller, Berlin.

An der Hand von Beispielen werden die grundlegenden Kennzeichen des technisch richtigen Einzelantriebes besprochen. Es wird gezeigt, daß die Bedenken, die heute noch von manchen Seiten dem Einzelantrieb gegenüber geäußert werden, bei technisch richtig durchgebildeten Antrieben unbegründet sind.

Wer Gelegenheit hatte, die Vorgänge auf dem Werkzeugmaschinenmarkt zu verfolgen, wird die Erfahrung gemacht haben, daß die Nachfrage nach Werkzeugmaschinen mit Einzelantrieb in den letzten Jahren außerordentlich zugenommen hat. Das zeigte sich auch auf den bisherigen Messen in der steigenden Zahl der ausgestellten mustergültigen Ausführungen, in der Zunahme der Anfragen aus den Abnehmerkreisen nach solchen Werkzeugmaschinen und in den vielfachen Umstellungen der vorhandenen Anlagen vom Gruppen- auf den Einzelantrieb. Auch solche Werkzeugmaschinenfabriken, die sich bisher wohl meist aus Gründen der Reihenfertigung dagegen gesträubt hatten, ihre Erzeugnisse für den Einzelantrieb durchzubilden, gehen heute daher an die Schaffung solcher Antriebe heran.

Auf die Wirtschaftlichkeit von Einzelantrieben ist die richtige Auswahl der elektrischen Ausrüstung und die zweckmäßige Anpassung an die Eigenart der Werkzeugmaschine von wesentlichem Einfluß. Nachstehend soll an der Hand von einigen Beispielen gezeigt werden, welche Gesichtspunkte bei der Beurteilung des elektrischen Einzelantriebes beachtet werden müssen.

Zum Antrieb der Werkzeugmaschinen kann man je nach der vorhandenen Stromart Motoren für Gleichstrom oder Drehstrom verwenden. Sind beide Stromarten vorhanden, so ist Gleichstrom vorzuziehen, da sich der Gleichstrom-Nebenschlußmotor praktisch verlustlos, feinstufig regeln und infolge seines großen Regelbereichs der meist erforderliche Räderkasten wesentlich vereinfachen läßt. Demgegenüber kann der Drehstrom-Asynchronmotor bei üblicher Ausführung gar nicht und, als polumschaltbarer Motor ausgebildet, nur grobstufig geregelt werden. Bei Polumschaltung muß man sich allerdings auf bestimmte Drehzahlen beschränken, am einfachsten auf zwei Drehzahlstufen im Verhältnis 1 : 2. Diese Ausführung, z. B. für 750 und 1500 Uml./min, ergibt schon einfachere Getriebe, und empfiehlt sich besonders bei kleineren Motoren mit Kurzschlußanker, die trotz der zwei Geschwindigkeiten nur unwesentlich teurer werden. Gleichstrom- und Drehstrommotoren lassen sich in einfacher Weise umsteuern; um daher die Getriebe bei Arbeitsmaschinen, für die Umkehr der Drehrichtung in Frage kommt, zu vereinfachen, empfiehlt es sich, die Maschine auf elektrischem Weg umzusteuern. Am einfachsten ist das Umsteuern bei Asynchronmotoren mit Kurzschlußanker, wo man nur den Anlaßschalter aus der einen in die andre Richtung umzulegen braucht. Wichtig ist auch die richtige Bemessung der Motorleistungen. Die Werkzeugmaschinenfabriken pflegen hierüber oft ungenaue, und zwar meist zu hohe Angaben zu machen. Die Folge davon ist die Beschaffung eines unnötig teuren Motors, der noch dazu mit ungünstigem Wirkungsgrad arbeitet. Bei Werkzeugmaschinen, wo der Motor organisch angebaut ist, wird dagegen die Motorleistung meist im richtigen Verhältnis zur Werkzeugmaschine stehen.

Zur Vermeidung aller unnötigen Zwischenübertragungen soll der Antriebmotor so nahe wie möglich an der eigentlichen Verbrauchstelle der Energie, also z. B. in nächster Nähe der Spindel, angebaut werden. Kennzeichnend hierfür ist die Ausführung des Einzelantriebes bei Radialbohrmaschinen. Wird bei diesen der Motor z. B. auf einem Räderkasten am Fuß des Ständers angebracht, so ist der Antrieb unwirtschaftlich, da zu viele Getriebe zwischen Motor und Bohrspindel vorhanden sind. Die technisch richtige Lösung ist die Anordnung eines Motors mit senkrechter Welle unmittelbar auf dem Support, so daß man mit einer Mindestzahl von Zahnrädern, die nur Stirnräder zu sein brauchen, auskommt. Bei kleineren Radialbohrmaschinen ist es allenfalls zulässig, den Antrieb zum Heben und Senken des Querbalkens vom Hauptmotor abzuleiten, auch wenn er auf dem Support sitzt. Bei größeren Radialbohrmaschinen empfiehlt es sich aber unbedingt, für diesen Zweck einen kleinen Motor, und zwar oben auf dem Ständer anzubringen. Für diesen Antrieb muß eine selbsttätige Hubbegrenzung vorgesehen werden.

Bei den kleineren Drehbänken machte die Frage des Anbaues der Motoren mit die größten Schwierigkeiten, besonders dort, wo man grundsätzlich die Bauart der Stufenscheibenbänke beibehalten wollte. Man war so zu unwirtschaftlichen Hilfsmitteln, z. B. Riemenwippen, Riemenvorgelegen auf Säulen u. ä., gezwungen. Auch der Aufbau des Motors auf dem Spindelstock und der Antrieb der Stufenscheibe mit kurzem Riemen und Spannrolle ist keine einwandfreie Lösung. Erst bei den Einscheibenbänken war ein besserer Anbau dadurch möglich, daß der Motor an die Rückseite des Fußes angeschraubt wurde und mit einem kurzen, meist mit Spannrolle versehenen Trieb auf die Drehbank arbeitete. Diese Anordnung macht jedoch von der Regelbarkeit des Gleichstrommotors oder von der Polumschaltung des Drehstrommotors, ferner von der Umsteuerbarkeit keinen Gebrauch, bietet daher keine wesentlichen betriebstechnischen Vorteile.

Wirtschaftlich ist dagegen der Antrieb, wenn Spindelstockmotoren oder Flanschmotoren verwendet werden. Der Gleichstrom-Spindelstockmotor hat eine hohle Welle, so daß er auf die Hauptspindel des Supports aufgeschoben werden kann, und wird mit dem Spindelstock mit Hilfe von Zentrierflächen an seinen Lagern oder mit Hilfe von Füßen am Gehäuse verbunden. Eine Drehbank mit Flanschmotor zeigt Abb. 1. Die geringste Baulänge erhält man, wenn man den Motor am Gehäuseflansch befestigt, was bei Gleichstrom-Regelmotoren sowie bei asynchronen Drehstrommotoren gebräuchlich ist. Anlassen, Stillsetzen, Umsteuern und Regeln kann man den Motor vom Support aus, was die Bedienung vereinfacht.

Wichtig ist es auch, die Apparate zweckmäßig und leicht zugänglich unterzubringen, am besten im Drehbankfuß. Für die Schalter und Sicherungen eignet sich eine Schalttafel, die zweckmäßig auch den Stecker zum An-

Abb. 1. Schnelldrehbank, angetrieben durch Drehstrom-Flanschmotor mit Polumschaltung.

Schnellgang — Mittelgang — Langsamgang; η_c (vH) über kW Nutzleistung; c = 1,0; 1; 0,5; 0,25

——— Technisch richtiger Einzelantrieb einer Drehbank
— — — Gruppenantrieb von Drehbänken

Abb. 2 bis 4. Gesamtwirkungsgrade von zwei verschiedenen Antriebsarten unter Berücksichtigung des Ausnutzungsfaktors *c*.

I Drehbank mit Spindelstockmotorantrieb II Drehbank mit Stufenscheibenantrieb

Abb. 5. Vergleich der Schruppleistungen zweier Drehbänke.

schluß der Handlampe trägt. Vergleichsmessungen an Spindelstock- bzw. Flanschmotor-Drehbänken und Stufenscheiben-Drehbänken mit Transmissionsantrieb, die bei den Siemens-Schuckertwerken ausgeführt wurden, zeigen eine wesentliche Überlegenheit des Einzelantriebes. In Abb. 2 bis 4 sind die Wirkungsgrade für Einzelantrieb und Gruppenantrieb für die drei Regelbereiche „Langsamgang", „Mittelgang" und „Schnellgang" einander gegenübergestellt. Die oberen Kurven stellen den Wirkungsgrad des Einzelantriebes dar, und zwar das Verhältnis der nutzbaren Leistung am Werkstück zu der zugeführten Leistung an den Motorklemmen. Die unteren Kurven, die den Wirkungsgrad beim Gruppenantrieb wiedergeben, sind für zeitlich verschiedene Ausnutzung dargestellt, wobei die Zahlen 1, 0,5 und 0,25 das Verhältnis der tatsächlichen Arbeitzeit der Bank zur gesamten Schichtzeit angeben. Es zeigt sich, daß beim Gruppenantrieb mit abnehmender zeitlicher Ausnutzung auch eine Verschlechterung des Wirkungsgrades eintritt, während dieser beim Einzelantrieb unabhängig von der Ausnutzung der Maschine ist, da hier Leerlaufverluste gänzlich vermieden werden.

Im Mittel liegt die Ausnutzungszahl praktisch bei 0,5. Die Versuche zeigten aber auch, daß infolge des Fortfalls der Riemen und der starken Überlastbarkeit des Motors die Bank mit Einzelantrieb eine höhere Leistung erzielen konnte. Für ein praktisches Beispiel sind die Verhältnisse aus Abb. 5 zu entnehmen. Die Zeiten, die zum Drehen der Einzelabschnitte der Welle erforderlich waren, sind mit Buchstaben, *A*, *B*, *C* usw. bezeichnet. Für die gleiche Arbeit waren bei der Drehbank mit technisch richtigem Einzelantrieb nur 14 min, dagegen bei der Stufenscheiben-Drehbank 34 min nötig. Infolge des bessern Wirkungsgrades konnte man bei Einzelantrieb 14,3 kg, bei Gruppenantrieb nur 6,9 kg/kWh verspanen.

Abb. 7. Revolverbank mit polumschaltbarem Drehstrom-Flanschmotor.

Bei schwereren Drehbänken mit mehr als 350 mm Spitzenhöhe lassen sich auch bei Verwendung von Motoren in der üblichen Ausführung mit Lagerschilden noch wirtschaftliche Antriebe schaffen, wenn die Motoren zweckmäßig auf dem Spindelstock aufgebaut werden. Es empfiehlt sich hierbei, zu prüfen, ob man zum Vereinfachen der Bedienung Druckknopfsteuerung anwenden kann.

Die guten Ergebnisse der Drehbänke mit technisch richtigem Einzelantrieb führten dazu, auch bei den Revolverbänken einen wirtschaftlichen Einzelantrieb durchzubilden. Abb. 6 zeigt eine Revolverbank mit Spindelstockmotor, deren Einzelantrieb grundsätzlich dem von Spitzendrehbänken mit Spindelstockmotor gleicht. Messungen an einer solchen Revolverbank und einer Bank mit Stufenscheibenantrieb haben gezeigt, daß die Bank mit Spindelstockmotor besser durchzieht, in der Drehzahl feinere Abstufung zuläßt und daher höhere Leistungen ergibt. Je nach dem Werkstück konnte man zwischen 10 bis 50 vH der Zeit für die Fertigung sparen. Eine gute Lösung mit polumschaltbarem Drehstrom-Flanschmotor zeigt Abb. 7.

Auch bei den Karusselldrehbänken setzt sich der Einzelantrieb immer mehr durch. Bei kleineren Drehbänken dieser Art bietet der elektrische Antrieb die Möglichkeit, eine einfache Steuerung durchzubilden, die

Abb. 6. Revolverbank mit Spindelstockmotor.

Abb. 8. Karusselldrehbank mit Ringsteuerung.

Abb. 9. Kleine Wagerechtfräsmaschine. **Abb. 10.** Senkrechtfräsmaschine.

Abb. 9 und 10. Anbau des Motors und der elektrischen Geräte an Fräsmaschinen.

das Bedienen von verschiedenen Stellen der Bank aus gestattet. Eine solche Lösung ist z. B. die Ringsteuerung, Abb. 8. Hierbei wird eine Steuerstange ringförmig um das Karussell geführt und mit dem Anlaßregler verbunden, so daß man durch Verschieben der Stange den Motor anlassen oder stillsetzen und auch in der Drehzahl regeln kann. Bei großen Karusselldrehbänken empfiehlt es sich, die Motoren durch Druckknöpfe zu steuern, wobei für den Vorschub meist besondere Motoren angeordnet werden.

Bei der Durchbildung des Einzelantriebs von Fräsmaschinen war man bestrebt, durch richtigen Anbau des Motors die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen, Abb. 9. An der Vorderseite der Maschine sitzt das Steuerrad zum Anlassen, Stillsetzen und Regeln des Motors. Die Apparate, vor allem der Hauptschalter, der Schalter für die kleine Kühlwasserpumpe, die Sicherungen und der Steckkontakt sind auf einer Schalttafel am Ständer der Maschine vereinigt. Bei der Senkrechtfräsmaschine, Abb. 10, werden die beim Riemenantrieb erforderlichen Kegelräder durch Verwendung eines Motors mit senkrechter Welle vermieden und die Zwischenübertragungen aufs äußerste vermindert.

Die Vorteile des elektrischen Einzelantriebs lassen sich bei großen Fräsmaschinen noch dadurch steigern, daß man den Vorschub nicht vom Hauptantrieb ableitet, sondern hierfür einen besonderen Motor benutzt. Es empfiehlt sich jedoch, dann Fräsermotor und Vorschubmotor voneinander derart abhängig zu machen, daß beim Stillsetzen des Fräsermotors gleichzeitig der Vorschubmotor zum Stillstand kommt, da sonst der Fräser oder Support beschädigt werden könnte. Bei gewöhnlichem Betrieb soll aber der Fräsermotor allein anlaufen können, ohne daß der Vorschubmotor läuft, und, umgekehrt, muß auch der Vorschubmotor allein laufen können, was man z. B. zum Einrichten braucht. Große Fräsmaschinen, die mehr als einen Fräser haben, erhalten zweckmäßig für jeden Fräser und für jeden Vorschub einen besondern Motor. Dadurch wird das Getriebe vereinfacht, also der Wirkungsgrad und die Betriebsicherheit erhöht.

Auch bei den Schleifmaschinen hat der Einzelantrieb immer mehr Eingang gefunden. Kennzeichnend ist seine Durchbildung bei der Flächenschleifmaschine, Abb. 11. Der Anker des Motors sitzt unmittelbar auf der Schleifspindel. Vorschub und Pumpe werden durch besondere Motoren angetrieben. Die elektrischen Apparate sind auf der Rückseite einer Tür im Ständer der Schleifmaschine untergebracht.

Der seit Jahren bei Hobelmaschinen eingeführte Antrieb durch regelbaren Umkehrmotor hat sich immer mehr durchgesetzt. Der Vorteil liegt insbesondere in der Möglichkeit, die Schnittgeschwindigkeit feinstufig einzustellen. Wendet man bei diesen Maschinen angeflanschte Motoren an, so kann man wesentlich an Platz sparen.

Beim Antrieb von Scheren kann man die Schwungräder weglassen, wenn die Motoren für die dann notwendigen höheren Drehmomente bemessen werden. Man vermeidet so die Leerlaufverluste, kann Einzelschnitte oder Reihenschnitte ausführen und die Schere auch mitten im Schnitt stillsetzen, falls sich der Schnitt verlaufen sollte. Die Steuerung wird mit der Hand durch Druckknopf oder durch einen Fußschalter bedient. Scherenantriebe werden neuerdings für Gleichstrom und Drehstrom ausgeführt.

Abb. 11. Flächenschleifmaschine; Motor auf der Spindel, besondere Motoren für Vorschub und Pumpe.

Abb. 12. Wagerechtbohrmaschine mit Motor am Spindelstock.

Auch beim Einzelantrieb von **Bohrwerken** muß man trachten, die Zahl der Übertragungen zu vermindern, z. B. durch Anordnung des Motors unmittelbar am Spindelstock, Abb. 12. Diese Bauart ist für Gleichstrom-Regelmotor wie für polumschaltbaren Drehstrommotor gebräuchlich. Die Anlaß- und Steuerschalter werden durch ein Handrad neben der Spindel betätigt. Die Schalttafel ist im Grundrahmen eingebaut. Größere Maschinen haben meist einen besonderen Vorschubmotor.

Gegen den Einzelantrieb hegt man vom betriebstechnischen Standpunkt aus wegen der großen Zahl von Motoren nicht selten Bedenken. Man fürchtet die Kosten der Wartung und Störungen beim Auftreten von Motorschäden. Diese Bedenken sind bei den bewährten Ausführungen von Motoren, wie sie heutzutage von den anerkannten Firmen der Elektrotechnik geliefert werden, nicht berechtigt, besonders, wenn eine regelmäßige Überwachung der elektrischen Anlagen durchgeführt wird. Überwachung und Instandhaltung kosten allerdings bei den etwas empfindlicheren Gleichstrommotoren mehr als bei den im Aufbau sehr einfachen Asynchronmotoren, besonders bei Ausführung mit Kurzschlußanker. Im allgemeinen übersteigen diese Kosten aber nicht die einer ordnungsmäßigen Wartung von Transmissionsanlagen.

Gegen den Einzelantrieb wendet man auch ein, daß der Strombedarf der vielen Motoren höher als der eines großen Gruppenmotors sei, der zudem gleichmäßiger belastet laufen könne. Zahlreiche Messungen haben jedoch bewiesen, daß auch der Gruppenmotor in vielen Fällen nicht so gleichmäßig belastet wird, daß er mit seinem besten Wirkungsgrad arbeitet. Wenn man trotzdem für den Gruppenantrieb einen etwas besseren Wirkungsgrad annimmt, so wird diese Ersparnis dadurch aufgewogen, daß bei Einzelantrieb die Leerluftverluste der Transmission und der gegebenenfalls mitlaufenden Werkzeugmaschinengetriebe vermieden werden und die Zahl der Übersetzungen wesentlich kleiner ist.

Auch der Einwand der höheren Anlagekosten ist nicht immer stichhaltig. Wo Transmissionsanlagen bereits vorhanden sind, wird es naturgemäß billiger sein, eine Maschine für Transmissionsantrieb zu beschaffen und an die vorhandene Anlage anzuschließen, als eine Maschine mit Einzelantrieb aufzustellen. Rechnet man aber zum Preis der Maschine die anteiligen Kosten der Transmission und des Gruppenmotors sowie etwaige Kosten für das Befestigen von Transmissionen hinzu, so wird die Maschine mit Einzelantrieb häufig nur ganz wenig teurer, bei Neuanlagen unter Umständen sogar billiger, weil man bei Fortfall der Transmission den Raum besser ausnutzen und leichtere Gebäudekonstruktionen anwenden kann. Dazu kommen noch als weitere Vorteile des Einzelantriebs: leichte Umstellbarkeit der Maschinen, je nach der Fabrikation, leichte Zugänglichkeit, z. B. für den Kran, sowie bessere Übersicht und bessere Beleuchtung der Betriebsräume. Bei Nachtschichten, die nicht voll arbeiten, braucht man beim Einzelantrieb nicht die ganze Transmissionsanlage durchzuschleppen. [B 110]

Fließender Zusammenbau in Gießereien.

Weitestgehende Arbeitzerlegung, verbunden mit der Zwangläufigkeit jedes Arbeitvorganges ist die Arbeitweise amerikanischer Gießereien. Zur Durchführung dieses Verfahrens des „fließenden Zusammenbaues“[1]), d. h. der Stoffströmung, muß ein Grundteil gefunden werden, der durch die Gießerei läuft und dem alle zu seiner Versorgung dienenden Teile unmittelbar zugeführt werden. Wenn die auf der Formmaschine hergestellte Form die Rolle des Grundteiles übernimmt, so müssen die Einzelteile ihr zuströmen. Entgegen der allgemein gebräuchlichen Herstellweise, bei der das geschmolzene Eisen zur Form gebracht wird, wird hierbei die Form auf dem Förderband nahe dem Kuppelofen vorbeigeführt. Ein Anwendungsbeispiel bildet die Gießerei für Massenfertigung der Motor Ford Co. am River Rouge, bei der man den Grundsatz der gedrängtesten räumlichen Anordnung mit gleichzeitiger Vereinigung von vielen Herstellstufen durchgeführt hat, um höchste Wirtschaftlichkeit zu erzielen[2]).

In der Gießerei sind die Kuppelöfen, die Kernmacherei, die Groß- und Kleinformerei, die Gießvorrichtung und die Putzerei untergebracht. In der Kernmacherei wandern die Kerne von den Kernformmaschinen auf die Fördertische, wo die feineren Arbeiten und Nachprüfungen vorgenommen werden. In drehbaren Maschinen werden dann die Kerne geschwärzt und wandern in die Kerntrockenöfen, die sie auf Förderern in der erforderlichen Trockenzeit durchlaufen. Ein Förderband bringt die Kerne zu den Arbeitsplätzen der Formerei.

Die Großformerei besteht in der Hauptsache aus zwei Formen- und Gießbahnen mit einer in deren Mitte liegenden Abkühlungsbahn. Die Formen werden auf schweren Wendeplattenformmaschinen hergestellt. Die Reihenfolge der Hauptarbeitsgänge der vier Form- und Gießeinrichtungen für schweren Guß (z. B. Zylinderblöcke, Gehäuseteile, Getriebekästen) ist:

1. Unterkasten, Herstellen und Aufsetzen auf die Bahn.
2. Einsetzen der Kerne für das Gehäuse und den Ölraum.
3. Prüfen des Sitzes der Kerne mit Lehre.
4. Kerne für Zahnradkasten einsetzen.
5. Kernstützen für Zylinderkerne einsetzen.
6. Zylinderkerne einsetzen.
7. Prüfung von 6.
8. Luft stechen.
9. Gesamte Lage der Kerne nachprüfen.
10. Herstellen des Oberkastens, auf die Bahn setzen.
11. Ober- auf Unterkasten setzen.
12. Drahtstifte einstecken.
13. Paßstifte und Abdeckplatte aufsetzen.
14. Formstifte einstecken.
15. Sand auf die Abdeckplatte schaufeln.
16. Abdeckplatte stampfen.
17. Einguß stampfen.
18. Eingußpfropfen herausziehen, Form ausblasen.
19. Gießen.
20. Auf Kühlbahn setzen.
21. Paßstifte herausschlagen.
22. Anguß abschlagen.
23. Oberkasten abheben und umstürzen.
24. Guß herausheben, auf Band zum Putzraum setzen.
25. Unterkasten ausleeren.

Die Arbeitsgänge 1 bis 19 werden gleichzeitig auf jeder der beiden äußeren Formereibahnen durchgeführt. Von den Kuppelöfen wird das Eisen in Gießpfannen, die in Hängebahngeleisen laufen, den Förderbändern zugeführt. Der gemeinsame, in der Mitte liegende Abkühlungsweg hat die doppelte Geschwindigkeit. Der an den Punkten 23 bis 25 abfallende Sand sammelt sich in Gruben unter dem Boden, wird dort aufbereitet, gesiebt usw. und durch Becherwerke Silos zugeführt, die nach jeder Verbraucherstelle Abflußöffnungen haben.

Nach dem Aufbrechen der Form wandert diese zur Formmaschine zurück, während der Guß auf Förderbahnen nach der Putzerei geführt wird. Die Geschwindigkeit der Bahnen ist so berechnet, daß die Zylinderblöcke sich genügend abkühlen können. Die Bedienung der Maschinen und der größte Teil der an der Bahn auszuführenden Teilarbeiten wird durch ungelernte Leute ausgeführt. Durch gelernte Former werden die schwierigen Teilarbeiten, die Nacharbeit und die Nachprüfung durchgeführt. [N 179]

Gw.

[1]) Vergl. den folgenden Aufsatz; s. a. Ausgewählte Arbeiten des Lehrstuhls für Betriebswissenschaften in Dresden von Prof. Dr.-Ing. E. Sachsenberg. Bd 1. Verlag Julius Springer, Berlin 1924, und „Die Gießerei“ Bd. 11 (1924) S. 815.

[2]) Ausser obigem „Gießereizeitung“ Bd. 21 (1924) S. 176 u. f.

Neue Wege zum Fabrikationserfolg.

Von Prof. Dr.-Ing. Georg Schlesinger, Charlottenburg.

(Forts. von S. 206.)

Nachprägen von Schmiedestücken.

Das Gesenkschmieden ist der Vorläufer des Gesenkgießens, aber seine Genauigkeit bei der Massenerzeugung ist geringer als beim Gießen in festen Formen, weil sich die Gesenke schon nach 7000 bis 8000 Stück infolge der schweren Inanspruchnahme durch die glühenden und doch oft harten Stücke bis um mehrere Millimeter ausschlagen, so daß die geschlagenen Teile nicht mehr in die Aufnahmevorrichtungen passen. Daher hat man in den Automobilfabriken heute das Nachprägen (coining), Abb. 22, entwickelt, worüber mir die Hudson Motor Car Co., Detroit, Unterlagen überlassen hat.

Dieses Prägen hat die Wirkung, daß die fertigen Stücke die gleiche Genauigkeit wie beim Bearbeiten durch feine Schneidwerkzeuge erlangen; es hinterläßt keinen Unterschied in der molekularen Zusammensetzung der Arbeitstücke und liefert bei Massenfertigung 6 bis 9mal mehr Stücke als andre Bearbeitungsverfahren. Als Maschinen werden in der Regel Kniehebelpressen benutzt, deren Höchstdruck je nach Größe zwischen 400 und 1500 t beträgt. Hydraulische Pressen arbeiten zu langsam. Die geprägten Stücke sind bei offenem Gesenk auf 0,05 bis 0,1 mm, bei geschlossenem auf 0,01 bis 0,02 mm genau.

Der Druck, den man braucht, um an der Oberfläche eine Art Fließen hervorzurufen, beträgt 70 bis 80 kg/mm². Solange man die Presse mit der Hand bedient, ist die Hubzahl verhältnismäßig klein, sobald man aber selbsttätige Maschinen zur Arbeit verwendet, kann man je nach der Größe mit 40 bis 20 Hüben in der Minute arbeiten. Die Hubhöhe beträgt etwa 300 mm.

Für die Gesenke verwendet man besondere Stahllegierungen, damit sie infolge des sehr hohen Druckes beim Pressen nicht reißen oder sich nicht verdrücken. Als gute Stahllegierung hat sich folgende bewährt: 0,05 vH Si, 0,2 bis 0,3 vH Mn, 0.67 bis 0,8 vH C, 0,9 vH Cr, Spuren von Va, 0,02 vH S, 0,01 P, Rest Eisen. Die Skleroskophärte wird mit 90 angegeben. Mit solchen Gesenken kann man bis zu 40 000 Stücke pressen, bevor man sie nachschleifen muß. Die Ersparnisse beim Prägen sind so groß, daß sich die Gesenke bei der Hudson Co. in weniger als einem Jahr bezahlt gemacht hatten.

Prägepresse-Zuführung zur Presse-Austrittseite der Presse-Kleingefüge vor und nach dem Prägen.

Abb. 22. Nachprägen von Gesenkschmiedestücken und seine Wirkung.

Abb. 23. Kettentransport der fertigen Kästen in der Gießerei der Ford Motor Co. zum Abguß; Teilansicht von Abb. 26.

Transportanlagen.

Der Grundgedanke der Transporteinrichtungen ist überall gleich: die Arbeit soll möglichst nirgends liegen bleiben, womöglich sollen nirgends Transportleute angreifen, aber auf keinen Fall darf der produzierende Arbeiter Zeit durch Warten oder Herumlaufen verlieren. Daher muß man auch die Revision in den Arbeitsgang fest eingliedern, und der „fliegende" Revisor, der im Rundgang nach jeder 2., 3. oder 4. usw. Arbeitsstufe an das Stück herantritt, ist die übliche Einrichtung, wenn die Menge nicht so groß ist, daß der Revisor wie bei Ford seinen festen Platz im laufenden Arbeitsgang hat.

Das Gleiche gilt übrigens für das Heranschaffen und Verteilen der rohen, halbfertigen und fertigen Einzelteile von Sammelplätzen an die nächste Gebrauchsstelle. Je nach dem Umfang der Erzeugung benutzt man dann die Kette (Ford, Dodge, Stockyard), Abb. 23 bis 28, die vereinigten Wagerecht- und Senkrecht-Fördervorrichtungen (National Cash), Abb. 29 und 30, die Schwerkraftförderer zwischen den Maschi-

Abb. 24. Gießereianlagen und Putzerei der Ford Motor Co., Detroit.

nen, Abb. 31 und 32, die fahrbaren Aufnahmevorrichtungen (Buick, International Harvester, Jones & Lamson) usw., die Elektrokarren, Abb. 33 bis 35, Schildkröten und Eidechsen. Alle diese Geräte räumen mit den Zwischenlagern und Stapelplätzen gründlich auf, wenn es auch ein Irrtum ist, zu glauben, daß man sie gänzlich entbehren könne. Das kann auch Ford nicht; denn es gibt keinen Betrieb, wo nicht Störungen vorkommen.

Zu jeder Transportvorrichtung, die mit dem Zusammenbau verbunden ist, gehören bestimmte Reserven. Der Mann an der Kette unterbricht z. B. seine Arbeit aus irgendwelchen Gründen. Dann tritt bei kurzer Unterbrechung der beaufsichtigende Meister, bei längerer ein Reservemann, der die Arbeit kennt, für ihn ein, der inzwischen mit anderen Dingen beschäftigt wird. Zerbricht die Kette, so stehen an den gefahrdrohenden Plätzen so viele halbfertige Teile aller Art zur Verfügung, daß sich die Störung auf eine kleine Gruppe beschränkt, bis der Schaden an der Kette durch eine besonders geübte Schar von Schlossern ausgebessert ist. Wie ungeheuer die Kette die Arbeiten beschleunigt, zeigt sich daran, daß bei Ford ein früh ankommendes Rohstück am nächsten Mittag fertig bearbeitet im Kraftwagen eingebaut die Fabrik verläßt. Ford setzt also sein Kapital in zwei Tagen einmal oder 150 mal im Jahr um. Was das für die Rentabilität eines Unternehmens bedeutet, zeigt der Vergleich mit dem Werkzeugmaschinenbau, der sehr zufrieden ist, wenn sein Jahresumschlag das 1,5- bis 2fache Kapital erreicht. In bezug auf Transportanlagen an sich, Heizung, Lüftung und dergl. sind gut eingerichtete deutsche Fabriken den amerikanischen ebenbürtig, in bezug auf die restlose Durchführung der Arbeit in der oben geschilderten Art des

Abb. 25 und **26.** Transportanlage in einer Abteilung der Gießerei der Ford Motor Co., Detroit; Teil von Abb. 24.

konstanten Flusses ist mir außerhalb Amerikas bisher keine Fabrik in der Welt bekannt geworden, die derartige Erfolge aufweisen kann.

Arbeiterfragen.

Die amerikanischen Fabrikbesitzer haben große Befürchtungen wegen des Wettbewerbes, den ihnen die deutsche Industrie dadurch bereitet, daß der deutsche Arbeiter nach ihrer Ansicht zu schlecht bezahlt wird, und daß man nach deutschen Zeitungsnachrichten 12 Stunden Arbeitzeit einführen will, wovon meines Wissens nie die Rede war. Sie sind sehr erstaunt, wenn ihnen ein Deutscher sagt, daß Amerika an diesen schlechten Lebensverhältnissen schuld ist, daß es Amerika gewesen ist, das Deutschland entgegen dem Waffenstillstandsvertrag, wehrlos an seinen grausamsten Feind verraten, die Ruhrbesetzung nicht nur geduldet, sondern gebilligt hat, irregeführt durch die französische Behauptung, Deutschland wolle absichtlich nicht zahlen, ohne zu prüfen, ob es denn auch zahlen könne.

Abb. 27. Kettentransport der Kurbelwellen und Bandtransport der Motorzylinder zum Zusammenbau bei der Ford Motor Co., Detroit.

Besonders unangenehm war den Amerikanern der Einwand, daß Frankreich überhaupt keinen Pfennig seiner Schulden bezahlt hat, Deutschland aber unmittelbar und mittelbar ganz gewaltige Summen aufgebracht habe, trotzdem ihm die Lothringer Erze, die Saarkohlen, die polnische, schlesische und vorübergehend auch die Ruhrkohle weggenommen wurden, daß das angebliche Gold in den deutschen Banken, von dem die Amerikaner immer noch fabeln, in Form von Zahlungen für ausländische Erze, englische Kohlen, Wolle, Baumwolle, Weizen, Mais seit langer Zeit ins Ausland geflossen, daß Deutschland völlig verarmt sei. Aber sehr verständige Amerikaner haben daraus, daß die deutsche Handelsbilanz seit 1914 passiv ist, also sein Gold nach dem Auslande gegangen sein muß, langsam eingesehen, welche unendliche Armut in Deutschland herrscht.

Bei uns kommt eine wesentliche Erhöhung der Löhne schwerlich in Frage, solange wir unsere Fabrikationseinrichtungen nicht auf eine Leistung gebracht haben, die der amerikanischen ebenbürtig ist, damit wir mit der gleichen Arbeiterzahl mehr, schneller und billiger herstellen können. Daß dieser Unterschied zunächst einmal durch angemessene Mehrarbeit ohne Lohnerhöhung ausgeglichen werden muß, geht schwer in amerikanische Köpfe hinein.

Die Arbeiterlöhne sind in Amerika hoch, nicht nur die Stundenlöhne, Abb. 36, sondern auch die Wochenverdienste, Abb. 37, die man nicht ohne weiteres vergleichen kann, weil hochbezahlte Arbeiter oft nicht die ganze Woche über arbeiten. So verdienten z. B. in der bestbezahlten, der Automobilindustrie, Ende 1923 die Arbeiter im Mittel 0,68 Dollar stündlich; dies entsprach aber nur einem mittleren Wochenverdienst von 30 Dollars; Spitzenlöhne verdienen die New Yorker Maurer und Eisenkonstruktionsarbeiter mit 18 Dollars für den Tag oder rd. 100 Dollars in der Woche, allerdings sind dies Saisonarbeiter.

Ebenso hoch kommen z. B. Hammerschmiede in den Lokomotivfabriken. Kein Wunder daher, daß sich solche Arbeiter, die mit 5 Dollars täglich die Familie gut erhalten, die also in der Woche bereits die hohe Summe von 30 bis 40 Dollars ausgeben, auf Ratenzahlung von wöchentlich 6 Dollars ein Fordauto kaufen, das oft für 200 Dollars, gebraucht, aber in gutem Zustand, zu haben ist. Es macht ihnen auch keine Mühe, den jährlichen Auf-

Abb. 28. Kettentransport des fertigen Motors über den Hof bei der Ford Motor Co., Detroit.

Abb. 29. Rollenförderer bei der National Cash Register Co.

Abb. 30. Bandförderer in einer Hutfabrik.

wand von 200 bis 300 Dollars für ein solches Automobil ständig aufzubringen.

Die Lebenshaltung der amerikanischen Arbeiter ist etwa 2- bis 2½mal so teuer wie in Deutschland, Abb. 37. Der Amerikaner verdient aber etwa viermal soviel wie der Deutsche und dabei ist das der untere Durchschnitt; oben ist das Verhältnis noch ungünstiger für uns. Die Amerikaner essen täglich ein- bis zweimal Fleisch und kleiden sich sehr gut in Anzug, Wäsche, Hut und Schuhwerk. Das gilt schon für den Mann, von der Frau ganz zu schweigen.

Was die Arbeiter- und Angestelltenversicherungen betrifft, so ist bemerkenswert, daß diese Kasseneinrichtungen in keinem Kulturland der Welt, auch nicht im reichen Amerika, Eingang gefunden haben.

Bei der Unfallverhütung dagegen wird in Amerika meiner Meinung nach an vielen Stellen Besseres als in Deutschland geleistet. Entscheidend auf dem Gebiet ist der Nutzen, den sich die Unternehmer unmittelbar von der praktischen Unfallverhütung versprechen und worüber sie ständig Rechnung führen. Das ist eben amerikanisch! Sie rechnen sich selbst aus, daß Todesfälle oder schwere Verletzungen große Ausfälle an Arbeitstunden und Kranken- und Arztkosten verursachen, und daß es billiger ist, Einrichtungen zu treffen, die das vermeiden.

In den guten amerikanischen Fabriken ist der Unfallschutz praktisch und weitgehend durchgebildet, meist schon an der neuen Maschine, im Einverständnis mit der Werkzeugmaschinenfabrik, die die Maschine liefert. Auch die Unterweisung in der ersten Hilfe bei Unfällen wird vom Arzt in praktischen Übungen den Betriebs- und Arbeiterräten beigebracht und sofort wiederholt, wenn durch Neuwahl, Krankheit oder Entlassung die Zusammensetzung des Ausschusses wechselt. „Safety first" (Gefahrschutz zuerst) liest man bei Ford, International Harvester, Cincinnati Milling, Hammermill Bond usw., und nicht nur am Plakat, sondern übersetzt in die

Abb. 31. Schwerkraftförderer von Maschine zu Maschine.

Abb. 35. Beispiele von Transportgeräten für Elektrokarren.

Abb. 33. Anwendung der Elektrohubkarren beim Aufsetzen eines schweren Schnittes auf die Exzenterpresse.

Abb. 34. Elektrohubkarren.

Wirklichkeit. Unentgeltlicher Arzt und Zahnarzt, vorzügliche Krankenbehandlung den ganzen Tag in und außer dem Hause, aufklärende Druckschriften, weitgehende Statistiken, und dies alles ohne gesetzlichen Zwang!

Ohne Gesetze hat man drüben auch Arbeiterräte (!) (Works Councils) in vielen großen Werken freiwillig ins Leben gerufen, als eine Einrichtung, wodurch die weitsichtige Betriebsleitung das Seil zwischen Arbeiterschaft und Unternehmertum niemals zu straff werden läßt. Es ist bemerkenswert, daß zumeist der oberste Fabrikleiter die Sitzungen der Arbeiterräte selbst einberuft oder auf Wunsch der Arbeiterschaft selbst leitet. Man hat in der amerikanischen Fabrik das Gefühl, daß trotz mannigfacher Unzufriedenheit alle Angestellten derselben Fabrik an einem Strange ziehen. Die Gegner-, ja Feindschaft zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer, die man in deutschen Fabriken so häufig findet, ist hier entweder nur in geringem Maß vorhanden oder kommt nach außen hin lange nicht so zum Ausdruck, wie wir das leider gewohnt sind. Solange der Arbeiter in der Fabrik ist, betrachtet er die Stätte, die ihm das Brot gibt, als die, die er zu stützen hat, weil er damit seinem eigenen Vorteil dient. In der Fabrik sind alle gleichgerichtet, vom Hofkehrer bis zum Direktor, selbst in der von manchen Amerikanern als Tretmühle angesehenen Gießerei der

Abb. 32. Schwerkraftförderer von Maschine zu Maschine.

Abb. 36. Durchschnittsstundenlohn in amerikanischen Fabriken.

Fordfabrik in River Rouge, und alle Arbeiter bemühen sich, durch Mitarbeit und eigene Anregungen die in der Fabrik vorhandenen Mittel zu vervollkommnen. Wenn materielle Beweggründe das zustande bringen konnten, dann liegen in der amerikanischen Denkweise verborgene, psychologisch stark wirkende Mittel, deren Endergebnisse praktisch und auch moralisch wertvoller zu sein scheinen, als unser Idealismus mit seinem mäßigen Erfolg, soweit die „herzliche Zusammenarbeit" (hearty cooperation) zwischen Angestellten und Unternehmern in Frage kommt. Zu meinen stärksten Eindrücken, die ich in Amerika erhalten habe, gehört der freundliche, ja freundschaftliche Verkehr von Arbeitern, Meistern und Angestellten untereinander, und das Selbstgefühl der Leute, die abends in ihrem billigen „Ford" ebenso stolz nach Hause fahren, wie der Direktor im teuren „Cadillac".

[B 73] (Schluß folgt.)

Abb. 37. Kurven der Lohnsteigerung von 1914 bis 1924 in den V. St. A.

Der Antrieb von Hobelmaschinen mit Wendereguliermotor.

Bei Hobelmaschinen dient der unmittelbar gekuppelte Wendemotor nicht nur zum Antrieb, sondern auch zum Umkehren der Triebbewegung und zum Wechseln der Geschwindigkeit. Durch ihn wird aber nicht bloß eine Schnitt- und eine Rücklaufgeschwindigkeit erreicht, sondern jede beliebige Geschwindigkeit kann während der Arbeit eingestellt werden. Der Motor macht daher das Umkehrgetriebe und ein Wechselgetriebe überflüssig, und übt überdies beide Funktionen in viel wirtschaftlicherer Art aus. Da der Motor vor dem Umsteuern selbsttätig gebremst wird, so entfällt die bei allen sonstigen Umsteuergetrieben nötige gegenseitige Energievernichtung der bewegten Massen einerseits und der Gegenkraft anderseits. Damit werden aber gleichzeitig die Stöße im Getriebe vermieden; die Geschwindigkeiten können erhöht und damit die Leistungsfähigkeit der Hobelmaschinen vervielfacht werden.

Bei den neuen Hobelmaschinenantrieben der AEG ist besonders das Bremsen vor dem Umsteuern durch die selbsttätige dynamische Bremsung so verbessert worden, daß der Bremsweg immer so kurz wie möglich ist; infolgedessen ist ein flottes Arbeiten auch bei kleinen Hüben möglich.

Die Antriebe werden durch Druckknöpfe bedient, die meist am Querbalken der Maschine angebracht sind. Die selbsttätige Umsteuerung an den Hubenden wird durch kleine, mittels einfacher Knaggen betätigte Anstoßsteuerschalter eingeleitet. Die Triebbewegung kann während des eingestellten Hubes durch die Druckknöpfe beliebig und ohne Fehlermöglichkeit gesteuert, und der Tisch kann für Einstellwerke auch zentimeterweise bewegt werden.

Vergleicht man eine mit magnetischer Umkehrkupplung und eine mit Wendereguliermotor betriebene kleine Hobelmaschine für rd. 2000 kg Durchzugkraft und berechnet die Umsteuerarbeiten an der Kupplung nach der von Prof. Schlesinger und Prof. Kurrein angegebenen Formel

$$A = \frac{1}{2} m \, (v_A + v_R)^2$$

worin m die Masse, v_A die Arbeitsgeschwindigkeit und v_R die Rücklaufgeschwindigkeit bedeuten, so ergibt sich, daß trotz der größeren Masse des Umkehrmotors der Stromverbrauch für die beiden durch Zeit-Weg-Linien dargestellten Doppelhübe bei der Kupplung um etwa 60 vH höher ist. Dazu kommen noch größere Spitzenbelastung der Stromquelle, Abnutzung der Kupplung, Riemenersatz und besonders noch der Stromverbrauch in den Arbeitspausen, beim Aufspannen, Messen und dergleichen.

[N 125] **Pollok.**

Maschinen- und Handarbeit.

Bericht aus der Tätigkeit des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit in Industrie und Handwerk.

Die Arbeiten der Ausschüsse für Handarbeit und für Maschinenarbeit. Berechnung der Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe. Richtwerte für Schlichten Gewindeschneiden, Bohren usw.

Um Grundlagen für die Einführung von Zeitaufnahmen und für die Verbilligung der Arbeiten in der Werkstatt zu schaffen, hat der Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung — AWF — beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit in Industrie und Handwerk — RKW — einen Ausschuß für Zeitbestimmung bei Maschinen- und Handarbeit (Obmann: Dir. Dr.-Ing. Litz) ins Leben gerufen, der die vielen einschlägigen Aufgaben in zwei Unterausschüssen behandelt hat.

Ausschuß für Handarbeit.

Der Unterausschuß für Handarbeit (Obmann: Obering. Drescher) ging von den Anregungen Taylors aus und befaßte sich zunächst mit den Verfahren für Zeitaufnahmen in der Werkstatt und mit der Auswertung der Aufnahmen. Er hat in Anlehnung an amerikanische Vorbilder und auf Grund der praktischen Erfahrungen in Deutschland ein einheitliches Verfahren für Zeitaufnahmen nebst den zugehörigen Hilfsmitteln durchgebildet, das schon seit mehreren Jahren in vielen deutschen Betrieben praktisch angewendet wird und sich als praktisch brauchbar erwiesen hat.

Das Aufnahmeverfahren hat für Zeitstudien insofern grundsätzliche Bedeutung, als das einfache Aufschreiben der Zeit, wozu die Werkstatt leicht geneigt ist, keinen Dauerwert hat. Vielmehr muß man, wie sich aus den Vordrucken für Beobachtungsbogen[1]) ergibt, den Arbeitsvorgang vorher elementar in Arbeitsstufen und -griffe zerlegen und an der durchlaufenden Uhr die sogenannten Fortschrittzeiten ablesen. Dabei kann das wiederholte Stoppen der Uhr entfallen, wodurch eine Fehlerquelle ausgeschaltet wird. Außer diesen Zeiten werden Angaben über Werkstück, Werkstoff, Leistungsfähigkeit des Arbeiters und was sonst für die Beurteilung der Leistung wichtig ist, eingetragen. In Auswertungsbogen werden die Ergebnisse dieser Beobachtungen zusammengestellt. Diese bilden in der Vorkalkulation die Grundlage für die Vorausbestimmung der Stückzeit bei der Ausgabe einer Arbeit an den Betrieb, den Meister usw.

Die Zeitaufnahme erhält ihren besonderen Wert durch den Beamten, der sie ausführt; denn dieser beobachtet dabei das Arbeitsverfahren und kann alle Unzulänglichkeiten und Fehler erkennen sowie Vorschläge zur Abhilfe überlegen. Zwischen Arbeiter und Zeitaufnehmer muß das Vertrauen herrschen, daß die Messung sachlich und gerecht ausgeführt wird und daß der Arbeiter sein Bestes leistet. Die Richtlinien für die Auslese von Zeitprüfern[2]) grenzen deren Aufgabenkreis ab und zeigen, welche Charaktereigenschaften und geistigen Fähigkeiten von ihnen gefordert werden. In erster Linie werden z. B. gründliche Kenntnis der Bearbeitungsmaschinen, Werkzeuge und Herstellverfahren, ferner längere Werkstattpraxis und genügende theoretische Ausbildung verlangt; daneben sind praktischer, kritischer Blick, verbunden mit schneller Auffassungsgabe, Takt, ruhiges Auftreten und Gefühl für Gerechtigkeit neben zielbewußtem Wesen Bedingungen für den Erfolg.

Die zweckmäßige Gestaltung der Stoppuhr[3]), dieses wichtigsten Hilfsmittels des Zeitaufnehmers, und ihre Anpassung an den Sonderzweck war eine weitere Arbeit des Ausschusses. Da der Zeitnehmer vor allem den Arbeitsvorgang scharf und genau beobachten soll, so muß das Zifferblatt der Stoppuhr übersichtlich und leicht ablesbar sein. Diese Aufgabe haben die deutschen Industrie-Stoppuhren gelöst, die auf Grund der vom Ausschuß entworfenen Richtlinien entstanden sind.

Die Aufgaben des Ausschusses machten ferner eine Klärung der Grundbegriffe[4]), der Zeit und der Arbeitsvorgänge dringend notwendig. Man teilte daher den Fertigungsauftrag in Fertigungsplan, Arbeitsgang, Arbeitsstufe, Griff und Griffelement und legte Erläuterungen für diese Begriffe fest, die einen Führer beim Aufteilen der im Rahmen des Fertigungsauftrages zu leistenden Arbeiten darstellen.

Die gesamte Fertigungszeit zerfällt dabei in Stückzeit und Einrichtzeit. Die Stückzeit verteilt sich in Hauptzeit, Nebenzeit und Verlustzeit. Die richtige Erfassung dieser Begriffe wird besonders wichtig, wenn über Lohnfragen bei Tarifverträgen verhandelt werden soll; sie hat aber auch die Zeitaufnahme sowie die Anwendung ihrer Ergebnisse erleichtert. Im Anschluß daran hat sich der Ausschuß mit der Einführung des Zeitakkordes[5]) und seiner Auswirkung auf die Vorausbestimmung der Stückzeit befaßt. Vor allem war hier notwendig, den Grundgedanken des Zeitakkordes zu klären, den man noch in vielen Betrieben als verwässerte Zeitangabe ansieht, wie z. B. während der Inflation den Geldakkord.

Die praktische Erfahrung mit dem Zeitakkord an vielen Stellen und in verschiedenen Formen hat dagegen bewiesen, daß mit der Angabe des richtigen Zeitaufwandes beim Herausgeben eines Auftrags an den Arbeiter Klarheit und Übersicht für den Akkordvertrag gewonnen werden kann. Der Ausschuß stellte daher die Voraussetzungen für die Einführung des Zeitakkords in der Form von Richtlinien zusammen, die als Vorarbeit für die Vorausbestimmung der Fertigungszeit bei wissenschaftlicher Betriebführung wertvoll sind.

Soll bei Akkordarbeit, insbesondere für Reihen- und Massenfertigung der Zeitaufwand vorausgeschätzt werden, so muß der Arbeiter auch die verlangte Art der Bearbeitung erfahren und genaue Angaben darüber erhalten, wie er das Werkstück einspannen, welche Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten er wählen und welche Vorrichtungen und Meßwerkzeuge er für jede Arbeitsstufe anfordern soll. Alle diese Angaben liefert die vom Ausschuß empfohlene Arbeits-Unterweisungskarte[6]), die sich mit gutem Erfolg eingeführt hat und besonders vom angelernten Arbeiter verlangt wird. Bei der sogenannten fließenden Fertigung ist es selbstverständlich, daß jeder Vorgang streng nach der Arbeitsunterweisung ausgeführt wird.

Gegenwärtig arbeitet der Ausschuß daran, Richtlinien für die Bestimmung der Zugaben für Verlustzeiten auf Grund von Messungen im Betrieb aufzustellen, worauf die Maßnahmen der Arbeitsvorbereitung planmäßig durchgearbeitet werden sollen.

Ausschuß für Maschinenarbeit.

Der Ausschuß für Maschinenzeitberechnung (Obmänner Obering. Hegner und Obering. Butschke) hat die Schaffung von Richtwerten für Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe beim Drehen in Angriff genommen, nachdem mit der Ausgestaltung der Maschinenkarten[7]) die Hilfsmittel zum Berechnen der Maschinenzeit vorlagen. Damit sollen auf praktischer Erfahrung beruhende, zahlenmäßige Unterlagen für die spanabhebende Formung gegeben werden, der mit Hilfsmitteln und Richtlinien allein

[1]) „Maschinenbau", AWF-Mitteilungen 1922/23 Heft 24 und „Hütte" (Taschenbuch für Betriebs-Ingenieure) S. 629.

[2]) „Betrieb" 1921/22 Heft 10 und „Hütte" (Taschenbuch für Betriebs-Ingenieure) S. 626.

[3]) „Betrieb" 1921/22 Heft 10 und „Hütte" (Taschenbuch für Betriebs-Ingenieure) S. 627.

[4]) „Maschinenbau", AWF-Mitteilungen 1921/22 Heft 11, 1922/23 Heft 8 und „Hütte" (Taschenbuch für Betriebs-Ingenieure) S. 589.

[5]) „Maschinenbau", AWF-Mitteilungen 1923/24 Heft 19.

[6]) „Maschinenbau", AWF-Mitteilungen 1923/24 Heft 20/21 und „Hütte" (Taschenbuch für Betriebs-Ingenieure) S. 649.

[7]) „Maschinenbau", (1922/23) Heft 13/14 S. 575.

Zahlentafel 1. Schnittgeschwindigkeiten v, Vorschübe s und Spanmenge qv nach Angaben der Industrie.

Riemen 85 mm breit; Riemengeschwindigkeit rd. 2,5 m/s; Maschinenstahl 50 bis 60 kg/mm².

Spantiefe mm →	2			3			5			7			10		
Nr.	v m/min	s mm/Uml.	qv cm³/min	v m/min	s mm/Uml.	qv cm³/min	v m/min	s mm/Uml.	qv cm³/min	v m/min	s mm/Uml.	qv cm³/min	v m/min	s mm/Uml.	qv cm³/min
Wellen 25 bis 50 mm Dmr.															
1	36	0,13	9,36	32	0,13	12,48	32	0,1	16	32	0,09	20,16	28	0,07	19,6
2	20	0,4	16	20	0,4	24	20	0,23	23	17	0,23	27,37			
3	18	0,3	10,8	18	0,2	10,8	20	0,15	15	20	0,1	14			
4	18	0,3	10,8	18	0,3	16,2	20	0,25	25	20	0,1	14	20	0,1	20
5	18	0,4	14,4	18	0,4	21,6	15	0,3	22,5	15	0,3	31,5	15	0,3	45
6	15	1	30	15	1	45	15	1	75	15	0,7	73,5	2×15	1	150
7				18	0,6	32,4	15	0,6	45	2×18	0,6	75,6	2×18	0,45	81
Wellen 51 bis 100 mm Dmr.															
1	30	0,22	13,2	28	0,22	18,48	28	0,17	23,8	28	0,15	29,4	25	0,12	30
2	20	0,4	16	20	0,4	24	18	0,4	36	16	0,4	44,8	18	0,4	72
3	18	0,6	21.6	18	0,5	27	18	0,5	45	18	0,4	50,4	20	0,2	40
4	18	0,6	18	18	0,5	27	20	0,4	40	20	0,2	28	13	0,5	65
5	16	0,5	16	16	0,5	24	15	0,4	30	15	0,4	42	15	0,6	90
6	28	1	56	23	1	69	22	0,7	77	22	0,7	107,8	2×15	1,2	180
7	24,79	0,42	20,8	24,3	0,42	30,61	15	1,1	82,5	15	0,9	94,5			
8	15	1,5	45	15	1,5	67,5	15	1,2	90	22,5	0,3	47,25			
9				20	0,4	24				15	0,9	94,5			
10				18	1,2	64,8									
Wellen 101 bis 250 mm Dmr.															
1	25	0,31	15,5	25	0,31	23,25	25	0,24	30	25	0,21	36,75	22	0,17	37,4
2	18	0,6	21,6	16	0,6	28,8	16	0,6	48	14	0,6	58,8	18	0,4	72
3	18	0,6	21,6	18	0,5	27	18	0,5	45	18	0,4	50,4	20	0,25	50
4	18	0,6	21,6	18	0,6	32,4	20	0,5	50	20	0,3	42	12	0,6	72
5	15	0,8	24	25	0,55	41,25	20	0,55	55	18	0,6	54,6	15	0,7	105
6	15	2	60	15	0,8	36	13	0,6	39	15	1	105	17,3	0,6	103,8
7	22,5	0,4	18	15	2	90	15	1,3	97,5	15	0,9	94,5	2×15	1,2	180
8				18	1,2	64,8	23,5	0,5	58,75						
9							15	1,2	90						

nicht gedient werden kann. Außerdem drängt die Vorkalkulation dazu, für ihre Berechnung feststehende, gründlich untersuchte Werte zu erhalten, damit die Bearbeitungszeiten nicht ausschließlich auf Grund der Fachkenntnis des Vorkalkulators angesetzt werden. Sollen solche Richtwerte eine allgemeinere Gültigkeit haben, so dürfen sie nicht aus einem einzelnen Erzeugungsgebiet stammen, sondern müssen auf Grund der Erfahrung von Fachleuten verschiedener Industrien aufgestellt werden.

Deshalb erließ der Ausschuß eine allgemeine Aufforderung an die Industrie, Werte für Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe mitzuteilen, die bisher beim Vorkalkulieren der Dreharbeit benutzt wurden[1]). Diese Zahlen wurden dann geordnet, Zahlentafel 1. Schon ein Blick zeigt, daß in bezug auf die Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten in Kalkulation und Fertigung selbst unter gleichen Bedingungen große Unterschiede bestehen, die es unmöglich machen, Mittelwerte aufzustellen.

Um in dieses Durcheinander Ordnung zu bringen, wurde zunächst untersucht, wie Schnittgeschwindigkeiten und Vorschub von den Verhältnissen des Werkstückes, des Werkzeugs und der Maschine abhängen. Das Ergebnis dieser Untersuchungen für ein Werkstück von 50 bis 60 kg/mm² Festigkeit stellt die Zusammenstellung[2]) auf S. 277 dar:

Um die Zahlenwerte selbst aufzustellen, mußte man die Arbeitsvorgänge in zwei Klassen zerlegen:

1. Es kommt darauf an, daß die in die Maschine eingeleitete Arbeit vom Werkzeug möglichst vollkommen für die Bearbeitung aufgebraucht wird. Hierfür kommt nur der Arbeitsvorgang der größten Spanabnahme, also das Schruppen, in Frage.
2. Die Spanabnahme verfolgt den Zweck, die bearbeitete Fläche auf einen bestimmten Gütegrad zu bringen, d. h. durch die Arbeitsvorgänge des Schlichtens.

[1]) K. Hegner, Tabellen für Schnittgeschwindigkeiten, „Betrieb" Bd. 5 Heft 4 S. 115.

[2]) „Maschinenbau" Bd. 5 Heft 18 S. 753 (AWF-Mitteilungen vom 16. Juni 1923)

Die Notwendigkeit, diese beiden Gruppen zu unterscheiden, ergibt sich daraus, daß man die maßgebenden Zahlenwerte für Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe für die erste Gruppe berechnen kann, während sie für die zweite aus der Erfahrung und mit Hilfe von besonderen Versuchen gewonnen werden.

Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe für größte Spanabnahme.

Für die Berechnung der Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe oder besser der Schnittgeschwindigkeiten und Querschnitte bei der größten Spanabnahme wird von der Form des Werkstückes abgesehen und nur angenommen, daß das Werkstück alle Kräfte ohne Erschütterungen aufnehmen kann, die in die Maschine eingeleitet werden und am Werkstück auftreten. Bei der ersten Gruppe der Zahlenwerte hat man also nur zwei Einflüsse zu berücksichtigen, das Werkzeug und die Maschine. Die Zahlenangaben sollen so gewählt werden, daß das Werkzeug bis an die Grenze seiner Leistungsfähigkeit ausgenutzt wird, während die Maschine die größte Leistung hergibt. Als Werkzeug wurde Schnellstahl von 16 bis 18 vH Wolframgehalt angenommen, der jetzt allgemein verwendet wird.

Aus dieser Beschränkung folgte die Unmöglichkeit, auf die früheren Forschungen von Taylor, Friedrich, Hippler und neuerdings von Klopstock zurückzugreifen, die sich auf andre Stahlarten beziehen und mit einander nicht vergleichen lassen.

Abb. 1.

Zusammenstellung.

Abhängigkeit der Schnittgeschwindigkeit und des Vorschubes von den Bearbeitungsbedingungen.

	Bedingungen	Änderung der Bedingungen	Schnittgeschwindigkeit	Vorschub
1	Werkstoff des Werkstückes	wird weicher	wird größer	wird größer
		wird härter	wird kleiner	wird kleiner
2	Durchmesser des Werkstückes	wird größer	bleibt gleich	wird größer
		wird kleiner	bleibt gleich	wird kleiner
3	Länge des Werkstückes	Hat keinen Einfluß; es sei denn, daß durch die Massenverhältnisse und durch die vorliegenden Maschinenverhältnisse eine kritische Umlaufzahl erreicht wird, welche die Benutzung der vorgeschlagenen Werte nicht gestattet		
4	Form des Werkstückes, gekennzeichnet durch ein bestimmtes Verhältnis zwischen Durchmesser und Länge, so daß das Werkstück als stabil bezeichnet werden kann (giltig für Wellen)	unter der die Stabilität kennzeichnenden Verhältniszahl	bleibt gleich	wird größer
		über der die Stabilität kennzeichnenden Verhältniszahl ohne Lünette	bleibt gleich	wird kleiner
		dgl. mit Lünette	wird kleiner	wird größer
5	Genauigkeitsgrad der zu erzielenden Arbeit	größere Genauigkeit	wird größer	wird kleiner
		kleinere Genauigkeit	wird kleiner	wird größer
6	Werkstoff des Werkzeuges	höherer Wolframgehalt	wird größer	bleibt gleich
		geringerer Wolframgehalt	wird kleiner	bleibt gleich
7	Form des Werkzeuges	größerer Schneidwinkel	bleibt gleich	wird größer
		kleinerer Schneidwinkel	bleibt gleich	wird kleiner
8	Schneidhaltigkeit des Werkzeuges	höhere	wird größer	bleibt gleich
		geringere	wird kleiner	bleibt gleich
9	Leistung der Maschine	größere	bleibt gleich	wird größer
		kleinere	bleibt gleich	wird kleiner
10	Spantiefe	größere	bleibt gleich oder wird kleiner	wird kleiner
		kleinere	bleibt gleich oder wird größer	wird größer
11	Kühlung	mit Kühlung	wird größer	bleibt gleich
		ohne Kühlung	wird kleiner	bleibt gleich

Die Firma Borsig hat daher in umfangreichen Zerspanungsversuchen Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe bestimmt, die man im Dauerbetrieb anwenden kann. Für diese Versuche wurde eine Stahlschneide nach Abb. 1 benutzt. Die Ergebnisse beziehen sich auf die vollkommene Ausnutzung dieser Schneide für die Dauer einer Stunde. Aus Abb. 1 bis 4 kann man auch die Benennungen der einzelnen Winkel entnehmen, worüber man sich innerhalb des Ausschusses geeinigt hat, ohne daß damit dem Ausschuß für die Normung der Stähle vorgegriffen werden soll.

Die Werte aus den Versuchen mit dieser Stahlschneide wurden von einzelnen Firmen der Berliner Metallindustrie nachgeprüft. Als Ergebnis stellt Abb. 5 eine Linie dar, aus der man erkennt, mit welcher Schnittgeschwindigkeit man arbeiten muß, um bei einem gegebenen Querschnitt den Stahl vollkommen auszunutzen. Will man z. B. an einem Stück aus Maschinenstahl von 50 bis 60 kg/mm² Festigkeit mit einem Werkzeug aus Schnellstahl von 16 bis 18 vH Wolframgehalt einen Querschnitt von 4 mm² abdrehen, so wird der Stahl ausgenutzt, wenn die Schnittgeschwindigkeit 19,7 m/min beträgt.

Man mußte nun noch einen Weg finden um diejenige Maschinenleistung zu berechnen, welche den aus Abb. 5 entnommenen Zerspanungswerten entspricht. Das Produkt aus Schnittgeschwindigkeit und Querschnitt ist die Spanmenge, die in der Zeiteinheit von dem Werkstück abgedreht wird. Wenn man die Spanmenge, die das Maß für die Ausnutzung des Werkzeugs ist, und diejenige Spanmenge, die auf Grund der eingeleiteten Energie

Abb. 2. Abb. 3. Abb. 4.

Abb. 1 bis 4. Benennung der einzelnen Schneidstahlwinkel.

α Anstellwinkel, β' Meißelwinkel, γ Spanwinkel, δ Schneidwinkel, ε Einstellwinkel, ζ Schneidkantenwinkel, φ Kopfzuspitzungswinkel, τ Hinterschleifwinkel.

Abb. 5. Querschnitt und Schnittgeschwindigkeiten für die Ausnutzung eines Drehstahls von 10 vH Wolfram für das Drehen von Maschinenstahl 50/60 kg/mm².

zerspant werden müßte, gleichsetzt, so erhält man die Beziehung zwischen Ausnutzung von Werkzeug und Maschine. Die Grundlage für die Darstellung der Spanmenge in Abhängigkeit von der Leistung liefert die Formel:

$$N = \frac{q\, v\, k_s}{60 \cdot 75}.$$

Hierin ist N die eingeleitete Energie in PS und k_s der spezifische Schnittwiderstand in kg/mm². Hiernach ist die Spanmenge

$$q\, v = \frac{60 \cdot 75}{k_s} \cdot N.$$

N kann man auf dreierlei Art ermitteln: durch elektrische Messung, durch Abbremsen unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades von Antrieb und Maschine oder durch Berechnung auf Grund der zulässigen Beanspruchung und Geschwindigkeit des Riemens, ebenfalls unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades der Maschine. Die bisher bekannten Werte für den spezifischen Zerspanungswiderstand k_s sind sehr verschieden, weil diese Größe außer von der Form der Schneide von der Größe und Form des bearbeiteten Querschnittes abhängt. Nach den Diagrammen von Hippler[1]) schwankt k_s bei einem Material von 50 bis 60 kg/mm² Festigkeit zwischen 90 kg/mm² für einen Querschnitt von 50 mm² und 250 kg/mm² für einen Querschnitt von 1 mm². Hierbei ist noch nicht die Form des Querschnittes berücksichtigt, die diese Werte weiter erheblich beeinflussen kann, wie die Versuche von Klopstock[2]) bewiesen haben. Außerdem zeigen diese Versuche, daß man k_s durch eine besondre Form der Stahlschneide weiter vermindern kann.

Um Zahlen für k_s zu erlangen, die der festgelegten Stahlform und den gewählten Baustoffen, also bestimmten Betriebsverhältnissen entsprechen, wurden praktische Versuche angestellt, wobei statt des Wirkungsgrades von Antrieb und Arbeitsmaschine die zum Zerspanen verfügbare Antriebskraft durch Abbremsen gemessen wurde. Diese Arbeiten, die in einem besondern Bericht beschrieben werden sollen, wurden bei den Firmen NAG, AEG und Ludwig Loewe durchgeführt und ergaben bei dem genannten Werkstoff $k_s \sim 100$ kg/mm² bei 50 mm² und $k_s \sim 170$ kg/mm² bei 1 mm² Querschnitt.

Man kann annehmen, daß diese Zahlen den mittleren Verhältnissen der Praxis entsprechen, obgleich sie die wechselnde Form des Querschnittes unberücksichtigt lassen und, streng genommen, nur für Stähle nach Abb. 1 und für die Bearbeitung von Schnellstahl von 50 bis 60 kg/mm² Festigkeit gefunden wurden. Man brauchte nun ein möglichst einfaches Hilfsmittel, um den Querschnitt und die Schnittgeschwindigkeit zu berechnen, die Werkzeug und Maschine verschiedener Leistungsfähigkeit ausnutzen lassen.

[1]) Die Dreherei und ihre Werkzeuge. Berlin 1923, Julius Springer.
[2]) „Die Untersuchung der Dreharbeiten", „Werkstattstechnik" Bd. 14 (1923) Heft 23/24.

(Der Maßstab für P ist mit 10 zu vervielfachen.)
Abb. 6. Ausnutzung von Maschine und Werkzeug.

Dabei ergab sich noch die Schwierigkeit, die in die Maschine eingeleitete und die am Stahl vorhandene Leistung zu messen. Hiernach mußte das Hilfsmittel zur Berechnung der wirtschaftlichen Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe bei größter Ausnutzung der Maschine und des Werkzeuges folgendes berücksichtigen:

1. als Ausgangspunkt für die Berechnung eine an der Maschine leicht prüfbare Größe, welche die eingeleitete Leistung erkennen läßt. Das ist die elektrisch gemessene Leistung bei Einzelantrieben sowie die Riemenbreite und die mit dem Tachometer gemessene Riemengeschwindigkeit bei Maschinen im Gruppenantrieb;
2. die Leistungsfähigkeit des Werkzeugs;
3. die zu den verschiedenen Querschnitten gehörenden Werte von k_s.
4. den Wirkungsgrad des Antriebs der Maschine.

Das logarithmesche Diagramm, Abb. 6, wird allen diesen Bedingungen gerecht. Es besteht aus zwei Teilen, wovon der obere die Berechnung auf Grund der Geschwindigkeit und Breite des Riemens enthält, der untere als Grundlage zur Berechnung der eingeleiteten Leistung dient. Die stark ausgezogenen Wagerechten für die Gesamtbeanspruchungen $P = 72$, 84, 110, 150, 180 und 250 kg[1]) stellen die Beanspruchungen für Riemen von 60, 70, 85, 100, 120 und 150 mm Breite dar. In das obere Netz ist die Linie W_z für die Höchstbeanspruchung eines Schnelldrehstahles von 16 vH Wolframgehalt beim Drehen von Material von 50 bis 60 kg/mm² Festigkeit eingezeichnet, die gleiche Linie wie in Abb. 5, die jedoch im logarithmischen Netz als Gerade erscheint. Will man also einen Querschnitt von 4 mm² abdrehen, so findet man die Schnittgeschwindigkeit, die das Werk-

[1]) in Abb. 6 ist $\frac{P}{10}$ eingetragen.

zeug ausnutzt, wenn man von der Teilung der Querschnitte wagerecht nach rechts bis zum Schnitt mit der Werkzeuglinie W_z geht und von diesem Punkt eine Senkrechte zum Punkt 19,7 m/min Schnittgeschwindigkeit zieht. Das Ergebnis stimmt vollkommen mit demjenigen von Abb. 5 überein.

Das untere Netz enthält in den schrägen Linien die auf Grund der Formel $N = \frac{P V_R}{75}$ berechneten Leistungen in PS und ermöglicht, Wirkungsgrade η zwischen 60 und 100 vH, Werte von k_s zwischen 60 und 200 kg/mm² zu berücksichtigen. Die Änderung von k_s bei verschiedenen Querschnitten stellt die Gerade $x\,y$ dar; sie ergibt im vorliegenden Fall $k_s = 170$ kg/mm² für 1 mm² und $k_s = 95$ kg/mm² für 50 mm² Querschnitt. Der Punkt $k_s = 170$ kg/mm² der Geraden wird gefunden, indem man vom Schnittpunkt der Werkzeugkurve W_z mit der Linie für $q = 1$ mm² ein Lot ins untere Netz bis zum Schnitt x mit der Linie $k_s = 170$ kg/mm² fällt; ähnlich findet man den Anfangspunkt der Linie $x\,y$ für Querschnitt 50 mm².

Die Kurven in Abb. 6 sind die Lösung der Gleichung

$$q\,v = \frac{60 \cdot 75\, P\, V_R\, \eta}{75\, k_s}.$$

[B 780] (Schluß folgt.)

Werkzeugmaschinen für den Schiffbau.

Von Prof. Dr.-Ing. eh. Ludwig Noé, Danzig.

(Schluß von S. 248.)

Stanzen.

Abb. 22 zeigt eine Hebellochstanze vereinigt mit Blech- und Profileisenschere, gebaut von der Maschinenfabrik Froriep. Sie eignet sich zum Stanzen von Löchern bis 22 mm Dmr. in Platten bis 16 mm Dicke, zum Schneiden von Blechen bis 16 mm Dicke und zum Schneiden von Winkeleisen in geradem Schnitt von 120 × 120 × 13 mm, ist mit zwei Drehkranen versehen und hat eine beiderseitige Ausladung von 850 mm. Als Vorzüge und Neuerungen werden von der Erbauerin hervorgehoben: Unmittelbarer elektrischer Antrieb unter Zwischenschaltung einer elastischen Kupplung; vollständig geschlossene Konstruktion des Oberbaues; Übertragung der Bewegung von den Kurvenstücken auf die Hebel durch Rollen; beschleunigter Rückgang des Stößels und längeres Verweilen in der Höchststellung, so daß dem Arbeiter die Möglichkeit zum Weiterschieben des Bleches während des Ganges der Maschine gegeben wird; auswechselbare Werkzeughalter der Lochmaschine und einwandfreies Stanzen aller vorkommenden Flansch- und Steglochungen; Suchen des Körners bzw. Aufsetzen des Stempels auf das Werkstück durch besondere Tippvorrichtungen; Zerteilen aller vorkommenden Winkel ohne Schnittverlust und Formänderung des abfallenden Endes; bequemes und schnelles Auswechseln der jeweils notwendigen Messerscheiben; Schwungrad, geschlossen im Oberbau zwischen zwei Ringschmierlagern; spielend leichte Bewegung der Drehkrane durch Anwendung von Rollen und Kugellagern.

Eine beachtenswerte Vereinigung von Hebellochstanze und Plattenschere mit seitlich angebauter Mannlochstanze gibt Abb. 23 wieder. Die Maschine wird von der Maschinenfabrik Schieß gebaut. Ihr geschlossener Aufbau wirkt gut. Als Hauptvorzüge werden ihr geringer Raumbedarf, eine wesentliche Vereinfachung der Bedienung, eine bedeutende Lohnersparnis und höchste Leistung geltend gemacht.

Eine vereinigte Hebellochstanze, Hebelschere und Profileisenschneider mit bruchsicherem Körper aus gewalzten Siemens-Martin-Stahlplatten stellt Abb. 24 dar. Sie gibt eine Ausführung der Berlin-Erfurter Maschinenfabrik Henry Pels & Co. wieder.

Hobelmaschinen.

Abb. 25 zeigt eine Blechkantenhobelmaschine der Maschinenfabrik Schieß, A.-G. Bei der Durchbildung der Maschine ist mit großer Sorgfalt sowohl den aus dem Schnitt- wie aus dem Spanvorgang herrührenden Beanspruchungen Rechnung getragen worden. Für alle Getriebeteile sind ausschließlich Stahl und Stahlgüsse verwendet. Alle Bedienungshebel und Handgriffe sind übersichtlich angeordnet und das Triebwerk vollständig eingebaut. Es wird sowohl beim Hin- als auch beim Hergang Hobelarbeit geleistet. Die abfallenden Späne können leicht entfernt werden. Die Maschinen werden nach Wunsch mit Handspannung, hydraulischer oder elektrisch betätigter Festspannung ausgeführt. Im allgemeinen rüstet die Firma ihre Blechkantenhobelmaschinen mit einem Doppelsupport aus; dieser trägt auf einem gemeinsamen Bettschlitten zwei Obersupporte, von denen der eine beim Hingang, der andre beim Rückgang arbeitet. Beide sind mit Drehteil versehen, so daß sie außer zur Bearbeitung gerader Kanten auch zum Hobeln von Stemmkanten bis 20° Abschrägung geeignet sind. Der Antrieb kann selbsttätig durch einstellbare Anschläge und auch durch Handhebel von der am Support geordneten Bedienungsbühne aus umgestellt werden. Für Blechkantenhobelmaschinen ist elektrischer Einzelantrieb mit Umsteuermotoren am besten geeignet, weil sie bei höchster Einfachheit des Getriebes ein sanftes und stoßfreies Umsteuern gewährleisten und bei höchster Betriebsicherheit äußerst wirtschaftlich arbeiten. Da bei Blechkantenhobelmaschinen eine Veränderung der Schnittgeschwindigkeit in den meisten Fällen nicht erforderlich ist, auch kein beschleunigter Rücklauf in Frage kommt, so lassen sich sowohl Gleichstrom- als auch Drehstrom-

RZ 93 Z 22 973

Abb. 22. Hebellochstanze, vereinigt mit Blech- und Profileisenschere (Otto Froriep G. m. b. H.).

Abb. 23. Vereinigte Hebellochstanze, Plattenschere und Mannlochstanze (Schieß).

Umsteuermotoren verwenden. Die Firma Schieß stellt als Sondermaschine zum gleichzeitigen Bearbeiten einer Blechplatte an zwei Seiten auch doppelseitige oder Winkelmaschinen her.

In Abb. 26 ist eine doppelte Ausschärfmaschine der Maschinenfabrik Froriep veranschaulicht, die für Schiffsplatten bis 2200 mm Breite geeignet ist, ihren Antrieb durch Reglermotor oder gewöhnlichen Motor erhält und mit zwei Werkzeugschlitten und Aufspanntischen ausgerüstet ist.

Als besondere Vorzüge sollen gelten: Die ziehende und nicht stoßende Arbeitsweise der Maschine; die Verminderung der unproduktiven Arbeitzeit durch das Vorhandensein zweier Aufspanntische; gleichzeitige Eilbewegung beider Stößelschlitten von einem Tisch zum andern; bequeme Schwenkbarkeit der Aufspanntische; Verstellung der Hubhöhen, der Hubzahlen und der Vorschübe in weiten Grenzen; beschleunigter Stößelrücklauf; Unabhängigkeit jedes Stößels vom andern; selbsttätige Auslösung der Vorschub- und Eilbewegung; übersichtliche Anordnung sämtlicher Bedienungselemente; erhöhter Wirkungsgrad der Maschine durch Anwendung von Schieberädern am Antrieb; leichte Ausbaumöglichkeit der Triebwerkteile.

Sägen.

Eine Hochleistungsblocksäge, wie sie vielfach im Schiffbau mit Vorteil Verwendung findet, gebaut von der Firma Alfred Wirth & Co., stellt Abb. 27 dar. Sie ist äußerst kräftig ausgeführt, im Aufbau einfach und dient zur Herstellung rechtwinkliger Schnitte. Die Säge ist als Hochleistungssäge gebaut und hat einen in einem Kopf untergebrachten Doppelschneckenantrieb. Die Maschine wird unmittelbar von der Transmission aus über die rechtwinklig zur Längsachse der Säge gerichtete seitlich liegende Antriebswelle angetrieben. Der Sägekopf ist in sich geschlossen und leicht ein- und auszubauen. Die beiden Antriebschnecken werden durch eine besondere Ausgleicheinrichtung selbsttätig für gleiches Tragen eingestellt. Der Axialschub wird zur Vorschubregelung benutzt. Die Vorschubschaltung wird von einer Hubscheibe in weiten Grenzen verstellbar abgeleitet und durch Schwinge mit Reibklinkgetriebe auf die Vorschubspindel übertragen. Innerhalb eines eingestellten Vorschubes tritt selbsttätige Vorschubregelung ein, die in unmittelbarer Abhängigkeit vom Schnittwiderstand steht und so wirkt, daß die Säge mit gleichbleibendem Drehmoment arbeitet. Diese sicher wirkende, sinnreiche und einfache selbsttätige Schaltregelung hat für den Anschnitt eines Werkstückes großen Vorschub, der selbsttätig abnimmt und nach dem Schnittende zu wieder zunimmt. Bei plötzlichen Änderungen des Arbeitsdruckes werden Stöße auf die Steuerungen durch einen Luftpuffer gedämpft. Die Vorschubbewegung des Sägeschnittes wird von Hand eingeschaltet, löst sich aber durch einstellbare Anschläge selbst aus und ist so eingerichtet, daß nach erfolgtem Arbeitsschnitt der Schlitten beschleunigt in seine Anfangstellung zurückläuft. Zum Aufspannen der Werkstücke normaler

Abb. 27. Hochleistungsblocksäge (Alfred Wirth & Co.).

Abb. 25. Blechkantenhobelmaschine (Schieß).

Abb. 26. Doppelte Anschärfmaschine (Otto Froriep).

Profile dient ein Sonderspannstock sowie eine vordere Spannbacke und zur Einstellung verschiedener Höhenlagen auswechselbare Prismen bzw. Winkeleinsatzstücke. Eine in der Nähe des Antriebes angebrachte Kühlwasserpumpe sorgt für Zufuhr der nötigen Kühlflüssigkeit. Die Maschine wird auch mit unmittelbarem elektrischen Antrieb geliefert.

In den letzten Jahren haben die Mars-Metalltrennmaschinen auf Schiffswerften eine große Verbreitung gefunden. Derartige Maschinen, Abb. 28, werden von den Mars-Werken, A.-G., Nürnberg-Doos, geliefert. Dieses Metalltrennverfahren ist noch verhältnismäßig jung, und die Trennung geht folgendermaßen vor sich: Eine schnellumlaufende, zahnlose, am Rande aufgerauhte Scheibe wird gegen das Werkstück gepreßt. Die dadurch hervorgerufene beträchtliche Reibung erhitzt das Stück an der Schnittstelle bis zur Rotglut. Die mit dem Rand der Trennscheibe in unmittelbare Berührung kommenden Materialteilchen werden sogar bis zur Weißglut erhitzt und weggeschleudert. Es entsteht also durch Schmelzen eine Trennfuge. Das Trennblatt erhitzt sich bei dem Trennprozeß nicht, sondern bleibt bei sachgemäßer Handhabung handwarm. Ein Übergreifen der Schmelztemperatur auf die nicht unter dem unmittelbaren Druck des Trennblattrandes stehenden Teile wird durch langsame Ausbreitung der Wärme verhindert. Als Hauptvorzüge der Metalltrennmaschinen werden hervorgehoben: Normale Kaltsägen können das Zurichten und Ablängen nicht in der erforderlichen kurzen Zeit durchführen, so daß sie die Bearbeitungszeit jedes einzelnen Stückes verlängern. Die höhere Leistungsfähigkeit der Metalltrennmaschine gestattet, Raum, Anlagekapital und Bedienung zu sparen, da eine solche Maschine je nach den Verhältnissen mehrere Kaltsägen ersetzen soll. Die reinen Arbeitskosten der Maschine liegen weit unter denen der Kaltsägen. Auf die Zeiteinheit berechnet ist der Kraftverbrauch zwar größer, da, bezogen etwa auf den gleichen Blattdurchmesser, der einen Maßstab für den größten möglichen Schnitt und damit die Schwere der Arbeit gibt, der Kraftbedarf wesentlich höher ist als bei Sägen; auf die Leistung bezogen, d. h. je Schnitt, ist die aufzuwendende Energie bedeutend geringer als bei Kaltsägen. Die Zeitersparnis, der Fortfall des Verbrauchs wertvollen Schnellstahls, die wirtschaftliche Platzausnutzung sollen die Betriebsunkosten erheblich vermindern. Die nachträgliche Aufrauhung der Trennblätter ist sehr leicht mittels eines beigegebenen Werkzeuges auf einer gewöhnlichen Drehbank möglich.

Das Arbeitsgebiet der Maschine erstreckt sich über alle Bedürfnisse der Eisen verarbeitenden Industrien. Hervorzuheben ist, daß weiches Eisen und harte Stahllegierungen mit dem gleichen Blatt und der gleichen Maschine bearbeitet werden können. Gußeisen, dessen verwandte Zusammensetzungen, Kupfer und dessen weiche Legierungen sind für das Trennen weniger gut geeignet. Die Schnitte fallen, soweit es sich nicht um besonders weichen Werkstoff handelt, sauber aus. Das Auftreten eines gewissen Grates allerdings ist im Prinzip des Verfahrens begründet und läßt sich niemals vermeiden.

Bohrmaschinen.

Das Bohren der Nietlöcher in Schiffsbleche erfolgt vorteilhaft mit Hochleistungs-Radialbohrmaschinen. Die große Wirtschaftlichkeit solcher Maschinen, die u. a. von der Raboma-Maschinenfabrik Hermann Schöning, Berlin-Borsigwalde, hergestellt werden, tritt besonders beim Bohren von Paketen hervor, zumal ihre doppelseitige Verwendbarkeit ein ununterbrochenes Arbeiten gestattet.

In Hinsicht auf die Eigenart des zu bohrenden Materials sind die Maschinen in ihrem Gesamtaufbau kräftig gehalten und dabei doch in den bewegten Teilen möglichst leicht, damit sie die für die mühelose Einstellung des Bohrers nötige spielend leichte Beweglichkeit erhalten. Die

Abb. 24. Hydraulische Hebellochstanze, Hebelschere und Profileisenschneidmaschine (Henry Pels & Co.).

Abb. 28. Mars-Metalltrennmaschine.

Abb. 29. Bohr- und Versenkanlage (Schieß).

kräftige Bauart, die gedrungene Innensäule und der muschelförmig durchgebildete Ausleger mit seinen dreifachen Zickzackrippen geben der Maschine eine große Steifigkeit, und die handliche Anordnung der wenigen Bedienungsvorrichtungen gestalten die Bedienung außerordentlich bequem.

Weitere wesentliche Vorzüge sind der einfache und betriebsichere Antrieb durch Motor mit senkrechter Welle, die Feststellung der Schwenkbewegung auf elektromagnetischem Wege sowie ganz besonders die Vermeidung jeglicher Zeit- und Gleitverluste im Vorschub durch eine patentierte Federklauenkupplung. Eine starre Kupplung ist hier unbedingt am Platze, weil eine Reibkupplung bei weitem nicht groß genug bemessen werden kann, um bei der schleichend langsamen Umdrehung des Schneckenrades eine sichere Durchzugkraft zu gewährleisten. Die neue Kupplung vereinigt auf einfache Weise den Vorzug einer Reibkupplung, das ist sofortige Mitnahme, mit der unbedingten Durchzugsicherheit der Klauenkupplung und der Zwischenschaltung einer Sicherung gegen wesentliche Überlastung.

Das Bohren von $10 \times 2\,m^2$ großen und 15 mm dicken Platten mit 800 Löchern von 23 mm Dmr. nimmt mit einer Maschine auf Grund von Versuchen nur 2,5 Stunden für eine Platte in Anspruch, wobei sechs Platten im Paket gebohrt wurden.

Bohr- und Versenkanlagen werden auch von der Maschinenfabrik Schieß geliefert, Abb. 29. Als besondre Vorzüge können gelten: Geschlossene, gefällige Bauart, leicht zugängliches Triebwerk, übersichtliche Anordnung der Bedienungselemente und ihre zweckmäßige Zusammenfassung in der Nähe des Werkzeuges, Sinnfälligkeit aller Bewegungen, selbsttätiger veränderlicher Bohrvorschub mit einstellbarer Selbstauslösung, spielend leichtes Schwenken des Auslegers, selbsttätige Bremse zum Festklammern des Auslegers.

Die vorstehenden Ausführungen haben gezeigt, daß die deutsche Werkzeugmaschinentechnik in unermüdlichem, ernstem Schaffen Werkzeugmaschinen für den Schiffbau herausgebracht hat, die hohen Ansprüchen zu genügen vermögen. Der eingeschlagene Weg, das ganz besondere Augenmerk auf Güteleistungen zu richten, ist offenbar der richtige gewesen. Die Werkzeugmaschinen selbst haben deshalb seit Jahrzehnten in ihrer Durchbildung eine stete Förderung erfahren. Dabei ist der Antrieb in auffälliger Weise meist vernachlässigt worden. Aber das Streben, das Versäumte nachzuholen, läßt sich unschwer erkennen, und mancher in der Abhandlung erwähnte Fortschritt bedeutet auf diesem Wege einen Erfolg.

In der Weiterbildung des Antriebes zur höchsten Wirtschaftlichkeit — sowohl in bezug auf einzelne Maschinen als auch ganze Anlagen — sehe ich deshalb das nächste Ziel unsrer Werkzeugmaschinen-Industrie

Wohl auf keinem Wirtschaftsgebiet ist die gegenwärtige Lage so trostlos und der Wettbewerb so groß wie gerade auf dem des Schiffbaues. Die Aufgabe, den deutschen Schiffbau, der einst in so hoher Blüte und in so hohem Ansehen stand, wieder aufzurichten, kann nur gelöst werden, wenn wir die wirtschaftlichsten Arbeitsweisen anwenden. Dabei muß sich die deutsche Schiffbauindustrie auf einen leistungsfähigen deutschen Werkzeugmaschinenbau stützen können, der fähig ist, Bearbeitungsmaschinen herzustellen, die in bezug auf Leistung, Güte und Einfachheit ihresgleichen in der Welt nicht finden.

Für eine Weiterentwicklung der Schiffbau-Werkzeugmaschinen ist aber Bedingung, daß eine Hebung des stockenden Absatzes eintritt, um den Herstellungsfirmen die aufzuwendende Mühe lohnend zu machen und Neuschöpfungen in den Betrieben erproben zu können Es muß sich mehr als bisher der Grundsatz Bahn brechen, daß gute Werkzeugmaschinen allein gute und billige Arbeit liefern, und daß gute Werkzeugmaschinen damit zum besten Werbemittel werden. [B 93]

Die Kleinwerkzeugmaschine im Schiffbau.

Von Dipl.-Ing. Feilcke, Hamburg.

Im Anschluß an den vorhergehenden Aufsatz „Werkzeugmaschinen für den Schiffbau" werden die bekanntesten für den Schiffbau wichtigen Kleinwerkzeugmaschinen und Vorrichtungen aufgeführt, die an sie zu stellenden Anforderungen erwähnt, einige wichtige Neuerscheinungen auf diesem Gebiete kurz beschrieben und gleichzeitig Gesichtspunkte aufgeführt, die für die Weiterentwicklung der in Frage kommenden Bauarten von Nutzen sein könnten.

Unter Kleinwerkzeugmaschinen im Schiffbau seien im weiteren Sinn alle diejenigen Bearbeitungsmaschinen verstanden, die für Schmiedearbeiten, zum Spantenbearbeiten, zum Nacharbeiten des Werkstoffes, für Zusammenbauzwecke, zum Nieten und Stemmen, für einige besondere Zwecke sowie für autogenes und elektrisches Schneiden und Schweißen in Betracht kommen. Von einer Einbeziehung der Holzbearbeitungsmaschinen in die folgenden Betrachtungen ist abgesehen worden, teils um den Umfang der Arbeit nicht allzu groß werden zu lassen, teils, weil gerade bei diesen Maschinen die besonderen Anforderungen des Schiffbaues nicht so erheblich sind, als daß sie eine Ausbildung von Sondertypen hätten herbeiführen können.

Maschinen für Schmiedearbeiten.

Der Bearbeitung durch Schmieden unterliegen im Schiffbau in erster Linie eine große Reihe von Winkelverbindungen, weshalb man die dafür vorgesehene Werkstatt auch die Winkelschmiede nennt. Da diese Bauteile zwar oft sehr sperrig, in der Regel aber nicht allzu schwer sind, bleiben die Anforderungen an die Größe der Arbeitsmaschinen und an die Transporteinrichtungen in kleineren Grenzen. Dagegen muß die Anzahl der einzelnen Arbeitsplätze recht groß sein, damit man bei Spitzenbelastung die zahlreichen kleinen Arbeitstücke rechtzeitig fertigstellen kann.

Außer den Arbeiten an Winkeln und anderen Profileisen werden in der genannten Werkstatt meist auch alle sonstigen Schmiedearbeiten für die einzelnen Bauteile des Schiffes vorgenommen, insbesondere die Formgebung doppelt gekrümmter, scharf gebogener oder geknickter Platten, soweit sie Feuerbearbeitung erfordern. Im Gegensatz zur Winkelarbeit sind diese Bauteile oft recht schwer, dafür aber an Zahl gering.

Die Schmiede braucht daher an maschineller Ausrüstung für die kleineren Arbeiten eine größere Anzahl von Schmiedefeuern, Ambossen, Gesenken und Richtplatten, für die schweren Arbeiten eine geringere Anzahl von Maschinenhämmern, Biegewalzen, hydraulischen Pressen und einen Plattenglühofen.

Die technischen Anforderungen an die für die kleineren Arbeiten erforderlichen Einrichtungen gehen nicht sehr weit, so daß die Verhältnisse hier seit längerer Zeit nicht mehr zu wesentlichen Fortschritten geführt haben. Zum Betrieb der Schmiedefeuer ist gewöhnlich eine gemeinsame Gebläseanlage mit niedrigem Druck vorhanden, die durch einen elektrisch betriebenen Lüfter gespeist wird. Die offenen Feuer werden durchweg mit Kohlen unterhalten, der Rauch in natürlichem Zug durch Rauchfänge abgeleitet. Da die Benutzung der vorhandenen Arbeitsplätze recht unregelmäßig ist, erscheint es vielleicht zweckmäßig, eine jederzeit ein- und ausschaltbare Gasheizung zur Erwärmung der kleineren Schmiedestücke anzuordnen.

Die heutigen Bauarten der maschinell betriebenen Kleinhämmer genügen im allgemeinen völlig den im Schiffbau gestellten Anforderungen. Ob für die Hämmer Dampf- oder Druckluftantrieb zweckmäßig ist, richtet sich nach den örtlich vorhandenen Anlagen; bei Neuanlagen wird man wohl stets Druckluftantrieb vorziehen. Der Grundsatz, jede Arbeitsmaschine möglichst unabhängig zu machen, führte zur Ausbildung von Lufthämmern mit eigenem elektrisch angetriebenen Kompressor; diese Hämmer haben sich vorzüglich bewährt. Im übrigen wird heute das Arbeitsgebiet der Winkelschmiede durch die immer größer werdende Verbreitung der elektrischen und der Gasschweißerei stark eingeschränkt, da sich diese Arbeitsverfahren, wo sie verwendbar sind, billiger stellen als Schmiedearbeit. Vielleicht ist die Zeit nicht mehr fern, wo der größte Teil aller Winkeldichtungen und Kröpfungen am Schiff mit Hilfe des autogenen oder des elektrischen Schweißbrenners unmittelbar an Bord hergestellt wird.

Hydraulische Pressen finden ein ständig größer werdendes Anwendungsgebiet. Sie gestatten nicht nur in weitem Maß ein Kaltbearbeiten von Platten und Profilen, sondern haben auch bei der Warmbehandlung in der Schmiede Handarbeit und Maschinenhammer stark verdrängt.

Platten mit Verwindung und schwach doppelter Krümmung lassen sich heute ohne weiteres kalt bearbeiten, für stärkere Doppelkrümmung ist dagegen der Glühofen unumgänglich. Zum Formen der aus dem Glühofen kommenden Platten sind Pressen von erheblicher Größe erforderlich.

Die Bauart solcher Pressen ist sehr einfach und die Arbeitsweise damit gibt zu besonderen Feinheiten keinen Anlaß. Grundsätzlich lassen sie sich wohl für jeden verlangten Arbeitsdruck und alle vorgeschriebenen Plattenmaße herstellen. Wie gut und wie schnell mittels solcher Pressen die verlangten Formen erzielt werden, hängt aber auch heute noch wesentlich von der Geschicklichkeit der Bedienung ab; es ist die Frage, ob diese persönliche Einwirkung durch Vervollkommnungen der Matrizen oder dergl. ausschaltbar ist; wären Fortschritte in dieser Richtung wünschenswert.

Ist die Krümmung einfach gebogener Platten so stark, daß man ihre Herstellung dem Stoff im kalten Zustande nicht mehr zumuten darf (z. B. bei Masten mit geringem Durchmesser), so werden auch diese Platten im Glühofen erhitzt und auf einer gewöhnlichen Biegewalze mit kleinem Walzendurchmesser gebogen. Ihre Konstruktion zeigt keinerlei Besonderheiten gegenüber den Walzen für Kaltbiegen, es braucht an dieser Stelle daher nicht näher darauf eingegangen zu werden.

Maschinen zum Spantenbearbeiten.

Soweit die Spantprofile keine Krümmung oder Schmiege erhalten, werden sie wie Platten nur mit Schere und Lochstanze bearbeitet. Andernfalls müssen sie stets in den Glühofen, da bei den hier in Frage kommenden Profilstärken sich weder Schmiege noch Krümmung auf kaltem Wege erzielen lassen. Auch bei den aus Platten und Winkeln zusammengesetzten Rahmenspanten und den Randwinkeln der Querschotte läßt sich das Einbringen in den Glühofen nicht vermeiden.

Während früher die Krümmung des ganzen Profils und die Schmiege des freien Schenkels in der Regel gleichzeitig und ohne maschinelle Hilfsmittel hergestellt wurden, wobei fast immer mehrere Hitzen notwendig waren und große Ungenauigkeiten unvermeidlich blieben, ist man jetzt wohl in allen neuzeitlich eingerichteten Werkstätten dazu übergegangen, beide Arbeitsvorgänge zu trennen und durch maschinelle Hilfsmittel so zu beschleunigen, daß jedes Spant stets in einer Hitze vollständig und genau ausgeformt werden kann.

Zu diesem Zweck sind unmittelbar zwischen Glühöfen und Richtplatten quer zur Achse des Glühofens verfahrbare Schmiegemaschinen vorgesehen, durch die das Spantprofil schon beim Herausholen aus dem Glühofen die richtige Schmiege erhält. Eine gute Schmiegemaschine muß die ganze Länge des Spantes verhältnismäßig schnell durchwalzen, da mit dem Biegen in die Spantform erst begonnen werden kann, wenn die ganze Länge auf der Richtplatte liegt; ferner muß der Schmiegewinkel während des Durchwalzens beobachtet und verstellt werden können; die Konstruktion der Walzen darf zur Gratbildung am Scheitel des Profils keinen Anlaß geben, da sonst teures und zeitraubendes Nacharbeiten notwendig wird; schließlich ist es wünschenswert, daß außer den zumeist gebräuchlichen stumpfen

Abb. 1. Spanten-Schmiegemaschine mit elektrischem Antrieb; Maschinenfabrik Schieß A.-G., Düsseldorf.

Schmiegewinkeln (etwa bis 135°) auch spitze Winkel (etwa bis 60°) erzielt werden können.

Derartige Schmiegemaschinen konnten früher nur aus England bezogen werden; heute werden sie auch in Deutschland in hervorragender Güte hergestellt, Abb. 1.

Das Biegen des Profils in die Spantform erfolgt auf der mit Löchern versehenen Richtplatte, auf der eine in die Spantform gebogene Flacheisenschiene als Schablone befestigt ist; früher geschah das Biegen von Hand mittels Kniehebeln; diese hatten unten einen Zapfen, der in die Löcher der Richtplatte eingesteckt wird und als Stützpunkt dient. Neuerdings werden die Kniehebel jedoch durch pneumatisch oder hydraulisch betätigte, fahrbare und gleichfalls mit nach unten gerichteten Einsteckzapfen versehene Preßkolben ersetzt. Diese Spantenbiegemaschinen, Abb. 2, haben den Vorteil größerer und schnellerer Kraftwirkung; ihr Hub muß jedoch genauestens regelbar, d. h. die Bewegung in jedem Augenblick abstoppbar sein. Die bisher in den Handel gebrachten Maschinen haben im allgemeinen Hübe bis zu 400 mm. Das ist praktisch zu wenig, weil dadurch ein häufiges Ansetzen der Maschine notwendig wird. Man sollte die Hübe auf 600 bis 700 mm vergrößern, was eine bedeutend schnellere Erledigung der Biegearbeit ermöglicht. In dieser Richtung auf der Vulcanwerft vorgenommene Versuche haben außerordentlich gute Ergebnisse gezeigt; selbst die größten und am stärksten gekrümmten Spantprofile konnten ohne besondere Anstrengung in einer Hitze vollständig gebogen und geschmiegt werden.

Bei dem erheblichen Gewicht der Spantprofile sind zum Herausholen des Profils aus dem Glühofen maschinelle Hilfsmittel sehr erwünscht, da zur Bewegung von Hand oft 6, 8 und mehr Leute erforderlich sind. Als einfachstes Mittel hierzu dienen maschinell betätigte Spillköpfe, die an den modernen Schmiegemaschinen angebracht sind und daher keinen besonderen Motorantrieb erfordern.

Gelocht werden die Spanten in der Regel mit der für Platten üblichen Lochstanze, deren Beschreibung sich hier erübrigt. Es soll jedoch eine einfache Viellochvorrichtung erwähnt werden, die bei gleichmäßigem Lochabstand eine erhebliche Beschleunigung des Lochens ermöglicht durch Verwendung eines Viellochstempels an einer Mannlochstanze, Abb. 3.

Wenn das zu lochende Profil geschmiegt oder stark gekrümmt ist, so ist die Handhabung solcher sperrigen Stücke an der Lochmaschine recht unbequem, Zeitverlust und Ungenauigkeiten sind die Folge. Für solche Fälle eignet sich die in Abb. 4 dargestellte, leichte und ortbewegliche Druckwasser-Lochmaschine, die auf den Vulcan-Werken in Hamburg in einer recht gelungenen Probeausführung hergestellt ist. Die Maschine ist im Schwerpunkt aufgehängt, wiegt nur 450 kg bei 65 t Preßdruck (120 at Wasserdruck), ist von Hand auf jeden Winkel einstellbar und kann durch Auswechseln des Stempels auch zum hydraulischen Nieten gebraucht werden. Außer Spanten können auch Deckbalken Winkel und dergleichen sperrige Bauteile vorteilhaft damit gelocht werden. Ihr geringes Gewicht macht sie ferner zum Gebrauch in der Helling und an Bord geeignet, wenngleich die im Interesse der Gewichtersparnis gewählte geringe Maulweite — die zum Lochen von Profilen natürlich völlig ausreicht — hier die Anwendbarkeit beschränkt.

Oft ist es erforderlich, die Spanten zu joggeln (kröpfen). Dies geschieht zumeist mittels derselben Druckwasser-Joggelmaschine, die gleichzeitig auch für Platten in Gebrauch ist. Wo für beide Zwecke gesonderte Maschinen vorgezogen werden, wird man auch nach den verschiedenen Zwecken verschiedene Bauarten wählen. Für das Joggeln der Platten eignet sich offenbar das Walzverfahren am besten, da es gleichmäßig fortschreitend arbeitet und der Arbeitsdruck nicht sehr groß zu sein braucht. Zum Joggeln von Spanten dagegen ist ein erheblich größerer Arbeitsdruck über eine nur kurze Strecke, die Flanschbreite, nötig; hierzu würde sich daher eine Druckwasserpresse am besten eignen, die mit Einrichtungen zum Festhalten der Profile und zum genauen Einstellen der Joggeltiefe versehen sein müssen. Natürlich ist eine derartige hydraulische Presse auch für andre Arbeiten zu verwenden.

In diesem Zusammenhang muß noch die Balkenbiegemaschine erwähnt werden, die im Gegensatz zu den starken Krümmungen der Spanten die geringe gleichmäßige Krümmung der Decksbucht erzeugt. Diese Krümmung läßt sich auf kaltem Wege erzielen und zwar ist heute dafür das Walzenprinzip am gebräuchlichsten, weil es das Gefüge des Baustoffs am meisten schont und die volle Gleichmäßigkeit der Krümmung sichert. Anderseits muß, genau wie bei den Schmiegemaschinen, zur Erzielung eines flotten Arbeitfortschrittes, eine Veränderlichkeit des Krümmungshalbmessers während des Durchwalzens möglich sein, da die Decksbucht statt Kreisform oft Parabel- oder Ellipsenform erhält. Die Maschine soll außerdem dazu benutzt werden können, um die beim Walzen oder auf dem Transport entstandenen Unregelmäßigkeiten von Profileisen zu beseitigen (das „Spannen" der Profile).

Abb. 2. Spantenplan einer Werft mit Glühofen, Schmiegemaschine und Spantbiegemaschine.

Klein-Werkzeugmaschinen im engeren Sinne.

Das Anwendungsgebiet dieser Maschinen ist sehr groß und erfährt eine ständige Erweiterung, so daß hier auch die Neuerscheinungen am zahlreichsten sind. Als Kraftquellen kommen Elektrizität, Druckluft und Druckwasser in Frage. Es ist in jedem einzelnen Falle

zu prüfen, welches der geeignete Antrieb ist. Obschon sich eine planmäßige Einteilung dieser Maschinen zwanglos auch nach dem Gesichtspunkt der Antriebsart vornehmen ließe, so soll doch auch hier die nach dem Verwendungszweck vorangestellt werden. Es lassen sich sodann als Hauptgruppen unterscheiden; die Maschinen zum Nacharbeiten des Materials, für Montagezwecke, zum Nieten und Stemmen und für besondere Zwecke.

Maschinen zum Nacharbeiten des Werkstoffes.

Das Versenken der Nietlöcher darf man wohl noch zur gewöhnlichen Werkstattarbeit rechnen, die hier nicht besprochen werden soll, dagegen muß man das Aufreiben und Nachversenken nicht genau passender oder mit Absicht zu klein gehaltener Löcher beim Zusammenbau an Bord zu den „Nacharbeiten" zählen, die sich wohl nie ganz vermeiden lassen; je sorgfältiger in der Werkstatt gearbeitet ist, um so weniger Nacharbeit ist erforderlich. Es gibt aber eine Grenze. Manche Bauteile, besonders solche, die an mehrere Wände zugleich stoßen, wie Kniebleche, Fächerplatten, Abstandstücke und dergl. werden zweckmäßig erst an Bord zusammengepaßt und dort gebohrt. Groß ist auch die Zahl der grundsätzlich erst an Bord anzupassenden Bauteile des Maschinenbaues, der Schlosserei, der Tischlerei, der elektrischen Werkstatt, der Taklerei usw. Alle solche Arbeiten müssen mit Kleinwerkzeugmaschinen an Bord ausgeführt werden.

In erster Linie sind da die Bohrmaschinen zu nennen, die sowohl mit elektrischem wie mit Druckluftantrieb gebräuchlich sind. Für die im Schiffbau vorkommenden groben Beanspruchungen hat sich bis jetzt die Druckluft am besten bewährt. Derartige Bohrmaschinen, die durchweg zufriedenstellend arbeiten, werden von den verschiedensten Firmen geliefert. Bei der rauhen Behandlung sind jedoch häufige Ausbesserungen nicht zu vermeiden; ferner ist der Druckluftverbrauch recht umfangreich. Beide Umstände sind bei der großen Anzahl von Bohrmaschinen, die beim Zusammenbau von Neubauten und bei Schiffsausbesserungen gebraucht werden, von einschneidender wirtschaftlicher Bedeutung. Man sollte sich daher ernstlich bemühen, die im Kraftbedarf erheblich sparsameren elektrischen Bohrmaschinen so zu verbessern, daß sie gegen Nässe und stoßartige Beanspruchungen weniger empfindlich sind.

Eine Zwischenstufe, bei der man die Vorzüge beider Antriebe zu vereinigen versucht hat, ist die in Abb. 5 dargestellte luftelektrische Bohrmaschine, bei der durch einen fahrbaren Elektrokompressor an Ort und Stelle Druckluft erzeugt und mit dieser das Bohrwerk oder ein anderes Druckluftwerkzeug angetrieben wird. Eine ganz vollkommene Lösung ist diese Bauart noch nicht; denn wenn sie auch die bekannten Nachteile der ortfesten Druckluftleitung (Verluste in den Leitungen usw.) vermeidet, so bleibt doch der große Luftverbrauch des Bohrwerks selbst bestehen.

Die rein elektrisch betriebenen Bohrmaschinen haben sich im Werftbetrieb hauptsächlich eingebürgert in zwei Bauarten, einer ganz großen und einer ganz kleinen. Erstere hat eine Motorleistung von 1,5 PS; das Gewicht beträgt etwa 300 kg; die Maschine ist fahrbar, also nur auf ebenen Flächen, wie Decks usw. brauchbar. Sie ist infolge ihrer schweren Bauart und der nur wagerechten Beweglichkeit hinreichend unempfindlich und daher auf diesem begrenzten Verwendungsgebiet den Druckluftmaschinen in der Handhabung ebenbürtig, in der Wirtschaftlichkeit überlegen.

Die kleine Bauart, von etwa 3 bis 5 kg Gewicht, ist handlich im Gebrauch, aber nur für kleine Lochdurchmesser verwendbar, also für Arbeiten der Schlosser, Elektriker, Tischler usw.

RZ 10574

Abb. 4. Leichte bewegliche Lochstanze mit Druckwasserantrieb; Vulcan-Werke, Hamburg.

RZ 10573

Abb. 3. Viellochvorrichtung an einer Mannlochstanze; Vulcan-Werke, Hamburg.

RZ 10576

Abb. 5. Fahrbarer Elektrokompressor für Druckluftwerkzeuge; C. & E. Fein, Stuttgart.

Abb. 6 bis 8. Zusammenbolzmaschine mit Druckluftantrieb, Bauart Hallet.

Neben den Bohrmaschinen sind für das Nacharbeiten der Baustoffe noch die Schleifmaschinen zu erwähnen; sie dienen zum Abgraten und Glätten rauher Kanten, wie sie bei Schneiden mit der Schere, beim autogenen Schneiden, Schweißen und dergl. vorkommen. Die Schmirgelscheibe wird durchweg elektrisch angetrieben. Abgesehen davon, daß diese Maschine durch ihr Gewicht leicht zur Ermüdung führt, sind die in Gebrauch befindlichen Bauarten zweckentsprechend.

Maschinen für Zusammenbauzwecke.

Außer maschinellen Transporteinrichtungen, die jedoch nicht Gegenstand dieses Aufsatzes sind, gab es bis vor kurzem kaum eine Maschine, die sich in diese Gruppe hätte einordnen lassen. Die in den Werkstätten fertig bearbeiteten Bauteile wurden einfach in die Helling befördert und dort Stück für Stück zusammengepaßt, mit Heftschrauben befestigt und nietfertig gemacht. Als Hilfsmittel dazu dienten lediglich eiserne Dorne, hölzerne oder eiserne Stützen, Keile, Spannschrauben, Taljen und dergl. Hieran änderte sich wenig, als die steigende Leistungsfähigkeit der Hellingkrane ermöglichte, größere Gruppen von Bauteilen außerhalb des Schiffes für sich zusammenzubauen, zu nieten und die Gruppe als Ganzes in das Schiff zu bringen.

Neuerdings wird von England aus eine Vorrichtung empfohlen, die das zeitraubende Anbringen und Festziehen der Heftschrauben durch eine maschinelle Vorrichtung ersetzen soll. Das Gerät (Patent Hallet) ist in Abb. 6 bis 8 nebst seiner Wirkungsweise dargestellt. Es wird mit Druckluft betrieben; an Stelle der Heftschrauben wird ein Bolzen in das Nietloch gesteckt, der durch die Maschine straff angezogen und sodann durch einen Keil gesichert wird. Die Arbeit geht etwa fünfmal so schnell vor sich wie das Anbringen und Festziehen der Heftschrauben; im Versuchsbetrieb wurde ein glattes Arbeiten an ebenen Flächen einwandfrei erreicht; bei gekrümmten Flächen (z. B. dem Kimmgang der Außenhaut) gab die zuerst benutzte Bauart jedoch nicht genügend Kraft her, um die Platte zum festen Anliegen an die Spanten zu bringen. Die Erprobungen sollen jedoch mit einer schwereren Maschinenart fortgesetzt werden.

Maschinen zum Nieten und Stemmen. Für Nietmaschinen kommt vorläufig nur Druckwasser- oder Druckluftantrieb in Betracht; elektrisch angetriebene Nietmaschinen sind bisher über den Versuchszustand kaum hinausgekommen und haben sich im Schiffbau noch nicht einführen können.

Die hydraulischen Nietmaschinen werden in der Form großer Bügelnietmaschinen hauptsächlich dort verwendet, wo weder anschließende Bauteile noch Gerüste im Wege stehen, also beim Nieten des Kiels, bei gruppenweise zusammengebauten Teilen, die fertiggenietet ins Schiff gebracht werden, beim Nieten der Scheergänge, Deckstringer und ihrer Dopplungen, wo bei großen Schiffen oft vierschnittige Nietungen mit Nieten größten Durchmessers vorkommen usw. Die Druckwasser-Nietmaschinen beanspruchen viel Platz, arbeiten aber sehr billig, gut und schnell.

Der Druckluftantrieb hat sich demgegenüber in größerem Umfange nur in der Form der bekannten Niethämmer eingeführt; weder die Druckluftkniehebel- noch die Druckluft-Schlagnietmaschine hat im Schiffbau eine größere Verbreitung gefunden. Diese letztgenannten Maschinen haben den Nachteil großen Platzbedarfs, ohne die Einfachheit und Betriebsicherheit der hydraulischen Nietmaschinen zu erreichen. Die Drucklufthämmer sind dagegen in Verbindung mit Druckluftgegenhaltern und Stemmhämmern zu einem ganz bedeutenden Hilfsmittel geworden. Nachdem die Hämmer heute durchweg mit großer Schlagkraft und schneller Schlagfolge aufgeführt werden, scheinen weitere Verbesserungen kaum erforderlich.

Auf den Bau der Druckluftwerkzeuge soll im einzelnen hier nicht eingegangen werden; es sei an dieser Stelle nur noch darauf hingewiesen, daß die gemeinsame Druckluftanlage betriebstechnisch eine recht teure Einrichtung ist, da ein erheblicher Bruchteil der erzeugten Druckluft trotz ständiger Aufsicht auf schwer nachprüfbaren Wegen verschwindet. Bei einem großen Werftbetrieb muß man erfahrungsgemäß damit rechnen, daß der Bruttoverbrauch an Druckluft bis annähernd doppelt so hoch wird, wie der Nettoverbrauch an den Werkzeugen. Trotz der unzweifelhaften Vorzüge des Druckluftbetriebes sollte deshalb nach der Möglichkeit gesucht werden, die wirtschaftlichere Elektrizität oder das Druckwasser mehr in den Vordergrund zu schieben.

Beim Nieten wäre noch eine Neuerung der letzten Jahre erwähnenswert, der elektrische Nietwärmapparat, der in Abb. 9 dargestellt ist. Das Niet wird dabei einfach zwischen die federnden Elektroden gesetzt und durch den Strom in sehr kurzer Zeit bis zur Weißglut erwärmt. Es läßt sich bei diesem Gerät durch die Polverschiedenheit erreichen, daß das Schaftende des Niets stärker erwärmt wird als der Kopf, was durchaus wünschenswert ist; ferner ist der thermische Wirkungsgrad besser als bei offenen Feldschmieden; die Handhabung ist bequem und sauber. Als Nachteil wird die Notwendigkeit der Kühlung, die einige Aufmerksamkeit und unter Umständen Anschluß an eine Kühlwasserleitung erfordert, empfunden. Wo derartige Geräte probeweise eingeführt werden, sind die Betriebsleiter mit den Leistungen durchaus zufrieden. Eine allgemeine Einführung wird wohl nur durch die Kostenfrage gehemmt, da die deutschen Werften für Neuanschaffungen z. Zt. nur geringe Mittel erübrigen können.

Maschinen zu Sonderzwecken.

Die Entrostungsmaschine soll das umständliche Rostklopfen mit der Hand ersetzen. Die Maschine besteht aus einem aufhängbaren, kleinen (0,3 PS) Motor mit angeschlossener biegsamer Welle (rd. 3 m lang), an deren Ende der Arbeitskopf befestigt wird, bestehend aus zwei parallelen Stahlscheiben, zwischen denen drei Schlagräder gleitbar gelagert sind. Der Apparat hat sich als praktisch brauchbar erwiesen. Besonders im Dock- und Ausbesserbetrieb ist er von großem Nutzen. Statt dieses Abrostungskopfes können auch Schleifscheiben, Bürsten, Bohrer oder andere Drehwerkzeuge am Ende der Welle befestigt werden. Eine gute Ausführung dieser Maschine wird von der Firma Heinrich Baschy in Hamburg geliefert.

Holzdeck-Kalfatermaschine. Das Bedürfnis für eine derartige Maschine besteht schon lange, ohne daß es bisher gelungen ist, ein im Dauerbetriebe wirklich brauchbares Modell auszubilden. Die Aufgabe besteht darin, in die 50 bis 100 mm hohen und 5 bis 6 mm breiten

Nähte der Decks gedrehte Wergdrähte in einer oder mehreren Schichten übereinander einzustemmen; da weder die Holzplanken noch Wergdrähte einen sehr gleichmäßigen Stoff darstellen, muß die Stärke der Stemmschläge laufend regelbar sein. Auf verschiedenen Werften sind im eigenen Betriebe Probemaschinen gebaut worden, deren Leistungen aber guter Handarbeit nicht durchweg gleichkommen. Ferner ist von der Firma Pokorny & Wittekind eine derartige Maschine auf den Markt gebracht, die z. Zt. auf deutschen und holländischen Werften erprobt wird.

Die Holzdeck-Hobelmaschine dient zum Schlichten des fertig kalfaterten Decks und besteht aus elektrisch betriebenen umlaufenden Hobelmessern, die auf Laufrädern von Hand über Deck gefahren werden. Die heute üblichen Bauarten, wie sie auf allen Werften in Gebrauch sind, genügen den Ansprüchen des Betriebes.

Farbenspritzmaschine. Angesichts der großen Flächen, die im Schiffbau zu streichen sind, und der häufigen Erneuerung, besonders des Außenanstriches, liegt das Bedürfnis vor, die Farbe maschinell aufzutragen, wobei der Vorteil größerer Gleichmäßigkeit der Maschinenarbeit nicht der geringste sein dürfte.

Die zu diesem Zweck vorgeschlagene „Farbenspritzpistole", bei der durch Luftdruck aus dem auf die Pistole aufgesetzten Vorratsgefäß die Farbe herausgespritzt wird, hat sich nicht bewährt, da der Farbenvorrat zu klein und das ganze Gewicht des gefüllten Apparates für die eine damit arbeitende Hand zu schwer ausfällt.

Vollkommener erscheint der in Abb. 10 dargestellte Farbenspritzkessel, wobei Vorratsgefäß und Spritzdüse getrennt sind. Auch hier ist das Treibmittel Druckluft. Der Anstrich kann damit auf sehr großen Flächen völlig gleichmäßig und in leicht abstufbarer Dichte aufgetragen werden. Diese Einrichtung ist eine englische Erfindung.

Das autogene Schneiden und Schweißen.

Das Wesen und die Vorteile dieses Arbeitsverfahrens bedürfen keiner näheren Erläuterung. Nachdem die größeren Werften dazu übergegangen sind, den nötigen Sauerstoff in eigenen Anlagen zu erzeugen, muß das autogene Schneiden und Schweißen als ein nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich hervorragendes Arbeitsverfahren bezeichnet werden, sofern nur Geräte und Arbeiter einer hinreichend sorgfältigen und sachverständigen Aufsicht unterstehen. Das Anwendungsgebiet erweitert sich dauernd, wofür einige Beispiele angeführt seien, die sinngemäß auch für elektrisches Schweißen gelten:

1. Die Herstellung von Eckverbindungen bei eisernen Wänden durch Schweißung anstatt Winkel, bisher schon bei unwichtigeren und dünnwandigen Bauteilen üblich, wird allmählich auch bei größeren und stärkeren Teilen angewandt.
2. Dichtungen werden vielfach nicht mehr aus Winkeln geschmiedet, sondern an Bord aus einzelnen Stücken zusammengeschweißt.
3. Das Festheften der Versteifungen an eisernen Wänden, die Stoßverbindungen und Nähte sowie Randversteifungen werden in zunehmendem Maße durch Schweißen ausgeführt.
4. Stemmnähte werden häufig durch Schweißnähte ersetzt.
5. Fehlerhaft gelochte Bauteile können durch Zuschweißen von Löchern wieder brauchbar gemacht werden.
6. Das autogene Schneiden von Blechkanten, größeren Öffnungen und dergl., das Abschneiden von Profilen mit nachfolgendem Abschleifen der Kanten tritt mehr und mehr an Stelle der Bearbeitung durch Schere, Lochstanze und Kaltsäge.
7. Das Ausbauen von eisernen Teilen bei auszubessernden Schiffen wird, wenn es mehr auf Schnelligkeit als auf Erhaltung des Materials ankommt, nur noch durch autogenes Schneiden ausgeführt.
8. Die Wirtschaftlichkeit des Abwrackens von Schiffen ist zurzeit ausschließlich durch die Verwendung von Schneidbrennern bedingt.
9. Gebrochene Spiralbohrer können wieder zusammengeschweißt werden und zeigen danach völlig befriedigende Haltbarkeit.

Das elektrische Schneiden und Schweißen.

Die Güte der Schweißnaht hängt hierbei noch mehr als beim Autogenschweißen von der Sorgfalt des Schweißers und der richtigen Zusammensetzung der Schweißstäbe ab. In dieser Hinsicht sind in den letzten Jahren bemerkenswerte Fortschritte gemacht worden. Bei genau geprüften Probeschweißungen zwecks Anerkennung durch die Abnahmegesellschaften sind Festigkeitszahlen von 100 vH und darüber gegenüber dem ursprünglichen Stoff erzielt worden. So hat das elektrische Schweißen sich auch bei Arbeiten an Hauptverbandteilen allmählich eingebürgert, z. B. beim nachträglichen Öldichtmachen von Tankwänden und Schotten, Befestigung von Schottversteifungen und dergl. Wenn auch diese Art der Anwendung noch hauptsächlich bei Ausbesserungen oder Umbauten vorkommt, so ist doch auch bei Neubauten der Anteil der Schweißarbeit im Vergleich zur Nietarbeit schon sehr beträchtlich.

Bezüglich der Frage, wann autogenes, wann elektrisches Schweißen vorteilhafter ist, mögen hier einige Erfahrungen, die sich aus mehrjähriger Betriebzeit ergeben haben, angeführt werden:

1. An sich ist das elektrische Schweißen billiger, daher unter sonst gleichen Umständen vorzuziehen;
2. das autogene Schweißen geht jedoch durchweg schneller vor sich, ist daher bei gebotener Eile das gegebene;
3. bei Schweißungen in der Werkstatt an Bauteilen, die keine Nietverbindungen haben, sind beide Verfahren technisch gleichwertig;
4. bei Schweißungen an Bord oder an solchen Bauteilen, die bereits genietet sind, ist das elektrische Schweißen von Vorteil, da das autogene Schweißen den Werkstoff in größerem Umkreis erwärmt und ein Lockern der Nietverbindungen hervorruft.

Als Stromquelle wird bisher fast durchweg Gleichstrom benutzt, dessen umlaufende Umformersätze allerdings teuer und schwer sind; ihr Ersatz durch ruhende Wechselstromtransformatoren verspricht in dieser Hinsicht erhebliche Vorteile, doch liegen hierüber noch keine Erfahrungen von größerem Umfange vor, da für die immerhin

RZ105Z10

Abb. 9. Elektrisches Nietwärmgerät.

RZ105Z11

Abb. 10. Farbenspritzeinrichtung mit Druckluftbetrieb.

recht kostspielige Umstellung der gesamten Einrichtung von Gleichstrom auf Wechselstrom die Zeitverhältnisse nicht günstig sind.

Das Schweißen von Gußeisen scheint jetzt nach Erprobung der geeigneten Schweißstäbe gut und sicher zu gelingen. Auf der Vulcanwerft ausgeführte Probeschweißungen haben die üblichen Beanspruchungen und Temperaturen von 700° anstandslos ausgehalten.

Die elektrische Punktschweißung, als Ersatz für Nietung an solchen Bauteilen, die vor dem Einbau vernietet werden, beginnt sich auf den Werften einzuführen. Dieses Verfahren würde bei restloser Bewährung eine weitere Verbilligung der Schiffbauten mit sich bringen.

Das elektrische Schneiden befindet sich noch im Versuchzustande.

Für die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Schweißens von Bedeutung ist die Elektrodenschweißmaschine, mittels deren man die kurzen Enden der Schweißstäbe wieder zu brauchbaren Längen zusammenschweißen kann. Da die Maschine durch billige Hilfskräfte bedient wird, sind die erzielten Ersparnisse recht beträchtlich. [B 105]

Rundschleifmaschinen.

Die Süddeutsche Schleifmaschinen-Fabrik, Stuttgart-Feuerbach, läßt bei ihren Rundschleifmaschinen das Werkstück zugleich mit Spindelstock und Reitstock am feststehenden Schleifspindelbock hin- und herwandern. Hierdurch werden die Schwingungen vermieden, die bei wanderndem Schleifspindelbock und Antrieb der Schleifscheibenspindel vom Trommelvorgelege aus auftreten und die Genauigkeit des Schliffes beeinträchtigen. Eine nach diesem Grundsatz gebaute Maschine hat einen Arbeitstisch mit verstellbarem Spindel- und Reitstock in der Art eines Drehbankbettes, der eine hin- und hergehende Bewegung auf dem Gestell der Schleifmaschine ausführt, während der Schleifscheibenbock unverrückbar ist. Der Arbeitstisch ist für die Aufnahme der Arbeitsdrücke besonders zweckmäßig ausgebildet. Die Fläche, gegen die sich der Spindelstock für Werkstück und Reitstock legt, ist nämlich nicht wagerecht, sondern pultartig, Abb. 1, so

RZ146Z1

Abb. 1. Arbeitstisch mit Reitstock der Rundschleifmaschine der Süddeutschen Schleifmaschinen-Fabrik.

daß der Arbeitsdruck fast senkrecht gegen das Maschinengestell und nicht, wie bei wagerechter Fläche des Arbeitstisches, wagerecht und lediglich auf Abscherung der Führungsleisten des Bettes wirkt. Die Reitstockspitze wird durch eine Feder in den Körner des Werkstücks gedrückt und kann schnell zurückgezogen, aber auch in der Arbeitstellung festgeklemmt werden.

Die Zustellung der Schleifscheibe erfolgt je nach Einstellung nach jeder einzelnen oder jeder zweiten Tischumkehrung und kann 0,005 bis 0,035 mm betragen sowie an einer Anzeigevorrichtung abgelesen werden. Nachdem die gewünschte Gesamtzustellung erreicht ist, wird der Vorschub der Schleifscheibe selbsttätig abgeschaltet. Darüber hinaus kann man aber noch eine weitere Zustellung von 0,005 mm vornehmen, um etwaiger Abnutzung der Schleifscheibe Rechnung zu tragen.

Sämtliche Maschinenvorgelege für Schleifspindel, Antrieb des Werkstückes, der Schlittenbewegung und der Pumpe liegen im Innern des Maschinenbettes, nur die Hauptantriebscheibe liegt außerhalb. Für das Werkstück und für den Tischvorschub sind je zehn Geschwindigkeiten voneinander unabhängig einstellbar. Drehung des Werkstücks und Tischbewegung lassen sich zum Messen gleichzeitig ausschalten. Die Maschine kann auch mit Innenschleifvorrichtung versehen werden. [M 146] Kl.

Neue Reinecker-Schleifmaschine.

Die Querträger an Werkzeugmaschinen (Hobelmaschinen, Dreh- und Bohrwerke, Schleif- und Fräsmaschinen) haben im allgemeinen zwei Aufgaben zu erfüllen, nämlich den Werkzeugschlitten parallel zum darunter befindlichen Aufspanntisch für das Werkstück zu führen und das Gewicht des Schlittens aufzunehmen. Sie werden daher als Balken auf zwei Stützen beansprucht und biegen sich durch, insbesondere wenn der Schlitten in der Mitte zwischen beiden Stützen steht. Hierdurch wird aber die Genauigkeit der Parallelführung beeinträchtigt.

a d c b RZ145Z1

Abb. 2.
Neuartige Schlittenführung bei der Schleifmaschine von Reinecker.

Die Firma J. E. Reinecker, Chemnitz, beseitigt diesen Übelstand in der Weise, daß sie der prismatischen Führung das Schlittengewicht abnimmt und diese Aufgabe einem besonderen Element zuweist (DRP 393 789). Zu diesem Zweck ruht auf dem Querträger, ungefähr an den Punkten, wo dieser selbst abgestützt wird, eine Schiene von genügendem Querschnitt, die den Träger innerhalb der Stützweite nicht berührt. Diese Schiene trägt erst unter Vermittlung eines nachgiebigen Zwischengliedes den Werkzeugschlitten.

Die Anordnung ist aus Abb. 1 deutlich zu erkennen; der Werkzeugschlitten *a*, worin die senkrechte Schleifspindel gelagert ist, wird durch die Schiene *b* gerade geführt, während die darübergelagerte Schiene *c*, die zwischen den Ständern der Maschine frei verspannt ist, das Gewicht des Werkzeugschlittens aufzunehmen hat. Die Entlastung der Führung *a* erreicht man dadurch, daß man die Rollen *d* mittels der Gewichthebel bei allen Stellungen des Werkzeugschlittens annähernd gleichmäßig an die Schiene *c* andrückt. [M 145] Kl.

Die selbsttätigen Arbeitsmaschinen.

Von Oberingenieur Ph. Kelle, Berlin.

(Schluß von Seite 240.)

Eine besondere Gruppe bilden die ein- und mehrspindligen Halbautomaten für Futterarbeiten. Wie schon oben gesagt, können auch mehrere gebräuchliche Stangenautomaten für Futterarbeiten in gewissen Grenzen benutzt werden, für höhere Leistungen ist jedoch ein für diesen Zweck gebauter Halbautomat erforderlich. Abb. 27 bis 29 zeigen einen einspindligen Halbautomaten der Firma Pittler (Bauart Potter & Johnston). Er gleicht im Aufbau einer normalen kräftigen Bevolverbank mit dem Unterschied, daß er bis auf das Auswechseln der Werkstücke alle Arbeitsbewegungen selbsttätig ausführt.

Für höhere Stückzahlen kommt ein mehrspindliger Halbautomat, Bauart Prentice, in Frage. Abb. 30 und 31 zeigt die Ausführung der Firma Carl Hasse & Wrede. Der Vorteil dieses Systems ist der, daß die Werkstücke stillstehen und daß man sie daher während des Arbeitens auswechseln kann.

Zu den mehrspindligen Halbautomaten gehören auch die Schwarzschraubenautomaten der Firma Alfred de Fries, Cassel. Sie stellen eine neuere, rein deutsche Konstruktion dar und sind ein Beweis dafür, daß es durchaus möglich ist, auch rohe, kalt- oder warmgepreßte Schraubenbolzen selbsttätig zu bearbeiten. Diese Bolzen wurden bisher auf einer Spitzmaschine gespitzt und auf einer Gewindeschneidmaschine mit Gewinde versehen, oder es wurde auf einer Spitz- und Schäftmaschine außer dem Spitzen auch der Bolzenschaft geschäftet (abgedreht) und dann auf einer Gewindewalze das Gewinde aufgewalzt. Zum Schluß wurden die Muttern von Hand aufgeschraubt. Diese einzelnen Arbeitsgänge, die natürlich eine häufige Beförderung des Werkstückes von einer Maschine zur andern bedingten, vereinigt der Schraubenautomat. Sie sind in Abb. 32 bis 35 dargestellt.

Abb. 30 und 31. Prentice-Mehrspindel-Halbautomat für höhere Stückzahlen (Hasse & Wrede, Berlin).

Abb. 27 bis 29. Poller & Johnston-Halbautomat für Futterarbeiten (Pittler, Leipzig).

a 1. Arbeitsgang: Spitzen

b 2. Arbeitsgang: Schäften

c 3. Arbeitsgang: Gewindeschneiden

d 4. Arbeitsgang: selbsttätiges Aufschrauben der Mutter

Abb. 32 bis **35.** Arbeitsgänge des mehrspindligen Schwarzschrauben-Halbautomaten (Alfred de Fries, Cassel).

Abb. 39. Selbsttätige Fräsmaschine für Zahnräder und Triebe der Feinmechanik (Jos. Koepfer & Söhne, Furtwangen).

Abb. 37. Früheres Verfahren mit zwei gleichzeitig arbeitenden Fräsköpfen.

Abb. 38. Neues Verfahren mit Fräskopf und Gegendruckbolzen.

Abb. 37 und **38.** Arbeitsverfahren des Mutterabkantautomaten (Alfred de Fries, Cassel).

Abb. 40. Räderfräsautomat (C. Liebscher, Chemnitz).

Abb. 36. Mehrspindliger Schwarzschrauben-Halbautomat (Alfred de Fries, Cassel).

Den Aufbau der Maschine zeigt Abb. 36. In den Lagerböcken *a*, *b*, *c*, *d* sind zentrisch die Steuerwelle *e* und im Kreis um *e* die Werkzeugspindeln *f*, *g* und *h* sowie das Muttermagazin *i* angeordnet. Der Antrieb von Spindeln und Steuerwelle liegt im Bock *a*. Die Schrauben werden von Hand in Haltevorrichtungen des Revolvertellers *k* eingelegt und durch selbsttätige, absatzweise ausgeführte Drehung des Tellers den Werkzeugspindeln zugeführt. Es werden also stets gleichzeitig vier Schrauben gespitzt, geschäftet, mit Gewinde und mit Mutter versehen. Abgesehen von dem Wegfall des Transportes beträgt die Leistung einer Arbeiterin an zwei Maschinen in einer Schicht 5000 Stück verkaufsfertige ½″-Schrauben.

Auf ähnlichem Grundsatz beruhen die ebenfalls ausgestellten Spitz- und Schäftautomaten sowie die Mutternabkantautomaten. Eine Neuerung bei diesen letzteren Maschinen besteht darin, daß die Muttern nicht wie bisher gleichzeitig von beiden Seiten abgefast und versenkt werden, sondern nacheinander. Bei dem bisherigen Verfahren wurden die Muttern ungleichmäßig bearbeitet, da der Preßgrat an den beiden Seiten sehr verschieden ist, und von den beiden gleichzeitig arbeitenden Fräsköpfen naturgemäß derjenige am meisten abfräste, der infolge des geringeren Grates auch den geringeren Widerstand fand. Bei dem jetzigen Verfahren ist dies nicht möglich, weil die Mutter zwischen je einem Fräskopf und einem Gegendruckbolzen liegt, der die Fräshöhe bestimmt, Abb. 37 und 38.

Selbsttätige Sondermaschinen.

Schon längere Zeit gebräuchlich und konstruktiv verhältnismäßig einfach sind die selbsttätigen Fräsmaschinen, insbesondere die Zahnradautomaten[1]). Entsprechend den heute infolge des Schnellstahles erhöhten Schnittgeschwindigkeiten der Arbeitsmaschinen ergeben sich auch höhere Umlaufgeschwindigkeiten für die Antriebräder der Maschinen, und es muß daher einer sehr genauen Zahnbearbeitung dieser Räder größte Sorgfalt zugewendet werden.

Die Automaten der Firma Jos. Koepfer & Söhne, Furtwangen, Abb. 39, sind für kleine und kleinste Räder und Triebe bestimmt, wie sie hauptsächlich in der Uhren-, Telegraphen-, Lauf- und Zählwerkfabrikation zur Verwendung gelangen. Die Maschinen arbeiten ganz selbsttätig mit Magazin und bearbeiten eine Zahnlücke nicht durch eine parallel zur Radachse gerichtete Fräserbewegung, sondern senkrecht dazu. Infolgedessen ist der Fräserweg sehr kurz — gleich der Zahnhöhe — und der Umstand, daß der Zahngrund gewölbt ist, entsprechend dem Fräserdurchmesser, spielt keine Rolle gegenüber der erzielten hohen Leistung. (Weitere ausführliche Darlegungen über Maschinen dieser Gattung folgen in einem Nachtrag.)

Von größeren Maschinen zeigt Abb. 40 ein Ausführungsbeispiel von C. Oswald Liebscher, Chemnitz. Die Maschine arbeitet mit Abwälzfräser und erhält ihren Antrieb durch einen regelbaren Gleichstrommotor.

Abb. 41 und 42 geben ein Beispiel aus der Reihe der selbsttätigen Bohrmaschinen wieder, und zwar eine Speichenlochbohrmaschine für Fahrradnaben von Julius Neumann, Zittau. In einem Drehteller können zwei Naben eingespannt werden, von denen die untere gebohrt wird. Nach Fertigstellung einer Nabe wird der Teller um 180° geschwenkt. Die Nabe wird gleichzeitig von beiden Seiten gebohrt, wobei sie selbsttätig um die Lochteilung weitergeschaltet wird.

Zu den selbsttätigen Universal-Werkzeugschleifmaschinen gehört die in Abb. 43 und 44 dargestellte Maschine der Großenhainer Webstuhl- und Maschinenfabrik. Sie zeichnet sich durch vielseitige Einstellungsmöglichkeiten aus und hat einen sogenannten Schleifdruckregler, der den Schleifdruck trotz Abnutzung der Schleifscheibe gleichmäßig einstellt.

Eine Sonderausführung dieser Gattung bilden die bekannten Spiralbohrer-Schleifautomaten der Firma Gebr. Schmaltz, Offenbach, Abb. 45. Die Schneidflächen eines richtig geschliffenen Spiralbohrers bilden eine Kegelmantelfläche, und dem ist bei der Maschine Rechnung getragen dadurch, daß durch festliegende Einspannung stets die richtige Lage des Bohrers zur Schleifscheibe gewährleistet ist.

RZ 86 Z 42

885 100 660

Abb. 41 und 42. Selbsttätige Maschine zum Bohren der Speichenlöcher in Fahrradnaben (Julius Neumann, Zittau).

RZ 86 Z 43-44

Abb. 43 und 44. Selbsttätige Universal-Werkzeugschleifmaschine mit Schleifdruckregler (Großenhainer Webstuhl- und Maschinenfabrik).

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 913 u. f.

Abb. 45. Selbsttätige Schleifmaschine für Spiralbohrer (Gebr. Schmaltz, Offenbach).

Abb. 52 bis 54. Arbeitvorgang der Mutterwarmpresse, s. Abb. 51.

Als Beispiele aus der Gruppe der selbsttätigen Pressen und Stanzen sind nachstehend zwei Mutternpressen erläutert. Abb. 46 zeigt eine Mutternkaltpresse von Malmedie & Co., Düsseldorf, für Muttern bis 5/8". Eine Neuerung der Presse besteht darin, daß die Werkstoffstangen in einer besonderen Maschine ungefähr auf die Form einer Sechskantmutter vorgepreßt und dann erst der eigentlichen Mutternpresse zugeführt werden. Nach dem sonst üblichen Verfahren wurden die Stangen oder Ringe unmittelbar der Mutternpresse zugeführt, dort zunächst gelocht und zu vierkantigen Muttern abgeschnitten; hierauf wurden diese abgeschnittenen und gelochten Muttern gedöppt, d. h. mit einer Fase versehen und schließlich durch eine Sechskantmatrize gestoßen. Natürlich entsteht dadurch ein großer Werkstoffabfall, der bis zu 40 vH und mehr beträgt. Dieser Arbeitsvorgang ist in Abb. 47 bis 49 dargestellt.

Bei dem Malmedie-Verfahren wird die nach Abb. 50 vorgepreßte aber noch ungelochte Stange der Mutternpresse zugeführt, so daß beim letzten Arbeitsgang die Sechskantflächen durch die Sechskantmatrize nur noch geschlichtet zu werden brauchen. Bei dem erwähnten Vorpressen wird die Materialstange nicht durch Ausstoßen der Ecken sondern durch Strecken der Stange eingekerbt, so daß ein erheblich geringerer Materialabfall die Folge ist.

Muttern über 5/8" werden warm gepreßt. Eine Mutternwarmpresse ist in Abb. 51 gezeigt. Sie stellt eine Neukonstruktion von Alfred de Fries, Cassel, dar. Der Arbeitsvorgang, Abb. 52 bis 54, ist folgender:

Abb. 46. Kaltmutterpresse für Muttern bis 5/8" (Malmedie & Co., Düsseldorf).

Abb. 51. Mutterwarmpresse (Alfred de Fries, Cassel).

Abb. 55. Schnitt durch den rechten Teil einer Mutterwarmpresse mit Drucktransformator (Alfred de Fries, Cassel).

Abb. 56 und **57.** Unmittelbarer Antrieb der Werkzeugschlitten durch Daumen.
a Daumen für den Hauptschlitten *b* Daumen für den Druckschlitten *c* Hauptschlitten mit unmittelbarem Antrieb *d* Dornschlitten mit unmittelbarem Antrieb.

Abb. 50. Malmedie-Verfahren zum Kaltpressen von Sechskantmuttern.

Abb. 58 und **59.** Arbeitsgänge einer Sondermaschine zum Bearbeiten von Kolben.

Abb. 47 bis **49.** Altes Verfahren zum Kaltpressen von Sechskantenmuttern.

Der durch den Abscherstempel abgetrennte Werkstoff wird in der Matrize zunächst zwischen den beiden Stempeln ungefähr auf Mutternhöhe zusammengedrückt. Alsdann schnellen von beiden Seiten die Lochdorne bis auf wenige Millimeter gegeneinander vor und pressen durch Verdrängung des Werkstoffes nach außen hin die Mutter in ihrer äußeren Form annähernd aus, Abb. 52. Nach Eintreten der Dorne in den Werkstoff wird der linke Dorn beschleunigt zurückgezogen, der rechte Dorn folgt sofort dieser Linksbewegung und durchlocht dadurch vollends die Mutter, wobei der zwischen den beiden Lochdornen verbliebene dünne Butzen in die Öffnung des linken Stempels gestoßen wird. Hat der rechte Dorn seine Linksbewegung beendet, so übt der der Stempel einen kurzen, scharfen Druck auf das Material aus und gibt dadurch der Mutter die endgültige scharfkantige Form, Abb. 53. Die nunmehr fertige Mutter wird während des Rückganges der Matrize durch den rechten Stempel ausgeworfen, während gleichzeitig durch den linken Dorn der Lochbutzen aus dem linken Stempel entfernt wird, Abb. 54.

Dieses Arbeitsverfahren erfordert zwei übereinanderliegende Werkzeugschlitten, Abb. 55, deren gleichbleibend genaue Lage zueinander gewährleistet sein muß, wenn dauernd saubere Muttern mit zentrischem Loch erzielt werden sollen. Bei dem bisher üblichen Antrieb dieser Schlitten unmittelbar durch Daumen, Abb. 56 und 57, wirkt der Druck dieser Daumen schräg von oben auf die Schlitten und erzeugt an deren unterer Führungsfläche eine Reibung und Abnutzung, die die genaue Lage dieser Schlitten in kurzer Zeit gefährdet. Daher ist bei der de Fries-Presse ein Drucktransformator vorgesehen. In dem Hauptschlitten *a*, Abb. 55, liegt der Dornschlitten *b*; zum Antrieb dienen die auf der Hauptwelle angeordneten Daumen *c* und *d*, von denen *c* mit dem Schlitten *a* und *d* mit dem Schlitten *b* zusammenarbeitet. Zwischen den Daumen und den Schlitten sind um einen im Maschinengestell gelagerten Bolzen *e* drehbare Hebel *f* und *g* angeordnet. Die Hebel liegen mit ihrem Kopf zwischen den Schlitten und den Daumen. Nach den Daumen hin sind in ihnen Rollen *h* ge[illegible]gert. Da die Hebel genügend lang gewählt sind, findet [illegible]uf der Rückseite der Schlitten nur eine ganz gering[illegible]rschiebung des Hebelkopfes statt und der Angriff auf [illegible]hlitten erfolgt praktisch vollkommen wagerecht, wo[illegible]n Druck und Verschleiß an den Führungsflächen [illegible] wird.

Schlußbetrachtung.

Aus vorstehender Übersicht der deutschen Automatenkonstruktionen ist man wohl zu dem Schluß berechtigt, daß auf allen Gebieten der Metallbearbeitung entweder schon bewährte Modelle oder zum mindesten schon Ansätze einer Entwicklung vorhanden sind, die uns hoffen lassen, auch bei der anzustrebenden Massenfertigung aller Teile die dazu gebrauchten selbsttätigen Arbeitsmaschinen in vollendeter Güte im eigenen Lande herstellen zu können.

Ein Umstand gibt jedoch zu denken und ist reiflichster Überlegung wert. Je einfacher der Automat ist, desto betriebsicherer ist er, und das ist die Hauptbedingung für eine Maschine, die ohne Bedienung arbeiten soll. Alle andern Bedingungen müssen gegen diese Hauptbedingung zurücktreten, selbst diejenige der Leistung; denn eine Leistung, die durch Betriebsunsicherheit gestört wird, steht nur auf dem Papier. Am einfachsten wird naturgemäß die Maschine, wenn sie für eine kleine Gruppe von Werkstücken oder gar nur für ein einziges Werkstück gebaut ist. Das setzt wieder eine große Massenfertigung voraus, wobei der Automat monate-, ja jahrelang auf ein Werkstück eingestellt ist; denn das Umrichten eines so einfachen Automaten ist zeitraubender als das einer Universalmaschine. Da nun in Deutschland eine solche Großmassenfertigung selten vorkommt, hat man teilweise geglaubt, die Automaten allgemeiner verwendbar gestalten zu müssen, z. B. in bezug auf Schnittgeschwindigkeiten, Vorschübe, Kurven, Zusatzapparate usw. Man wollte damit dem Bedürfnis entgegenkommen, das Gebiet der Maschine auf größere Gruppen von Werkstücken und kleinere Stückzahlen zu erweitern und das dadurch bedingte häufige Umrichten der Maschine zu erleichtern. Man baute Räderkästen ein für Schnittgeschwindigkeit und Vorschub, konstruierte verstellbare Kurven und Werkzeuge, kurz man machte den Automaten verwickelter und erhöhte die Anzahl der Störungsquellen.

Diese Richtung ist bedenklich; größere Gruppen verschiedener Werkstücke und nicht genügende Stückzahlen gehören nicht auf den Automaten, sondern auf die Revolverbank. Die deutlich erkennbare Tatsache, daß die Amerikaner uns auf diesem Wege nicht folgen, sollte beachtet werden; wir können auch heute noch von ihnen lernen, nicht weil sie fähiger sind, sondern weil die dortigen Verhältnisse ein um ein Vielfaches größeres Anwendungsgebiet der Automaten ermöglichen.

Es ist daher zu empfehlen, daß die deutschen Automatenfirmen ihre bewährten Normalmodelle allmählich ausbauen zu Sondermaschinen für bestimmte Zwecke unter Wegfall aller in diesem Fall überflüssigen Mechanismen. Abb. 58 und 59 zeigen die Bearbeitung eines Kolbens auf einer solchen Sondermaschine, die aus dem System Abb. 14 und 15 entwickelt ist. Der beste Vorschlag für die Weiterentwicklung des deutschen Automatenbaues ist daher:

„Zurück zur Einfachheit als Mittel unbedingter Betriebsicherheit. [B 86]

RUNDSCHAU.

Werkzeugmaschinen für den Wasserturbinenbau.

In den nachfolgenden Ausführungen soll der Begriff „Werkzeugmaschine“ in weitem Sinne verstanden werden, d. h. es sollen z. B. auch Sonderformmaschinen, die für den Wasserturbinenbau Bedeutung haben, miterfaßt werden. Außerdem sollen einige bemerkenswerte Vorrichtungen behandelt werden, durch die man im übrigen durchaus normale Werkzeugmaschinen den besonderen Anforderungen des Wasserturbinenbaues anpassen kann.

Die Besonderheiten des Wasserturbinenbaues liegen in der Hauptsache darin, daß alle Hauptabmessungen der Turbinen, wie auf keinem andern Gebiet des Maschinenbaues, nur von den von der Natur geschaffenen örtlichen Verhältnissen bestimmt werden, unter denen die Turbinen arbeiten sollen. Die Wassermenge, das ausnutzbare Gefälle, der Verwendungszweck der Kraftanlage, die Beschaffenheit, die Form und der Wert des Baugrundes, auf dem das Maschinenhaus und die Wasserbauten errichtet werden müssen, und die Baukosten selbst entscheiden über die Wahl der Turbinenart und -bauweise. Der Turbinenbau wird hierdurch zum ausgesprochenen Einzelmaschinenbau; nur wenige Bestandteile sind der Normung zugänglich und können in Reihen hergestellt und auf Lager gelegt werden. Die Hauptteile, vor allem die wasserführenden Teile und das Laufrad, müssen von Fall zu Fall neu entworfen und hergestellt werden, und es ist im allgemeinen als Zufall zu betrachten, wenn Modelle und Vorrichtungen, die für frühere Ausführungen hergestellt worden waren, später wieder verwendet werden können. Die andere Besonderheit des Wasserturbinenbaues beruht auf den zahlreichen großen und größten Durchmessern, die als Paßflächen verschiedenen Grades auszuführen sind, sowie den im allgemeinen ungebräuchlichen Kreisteilungen. Hierdurch wird die durch die Einzelfertigung schon sehr umfangreiche Arbeit des Anzeichnens der Maschinenteile

Abb. 1. Ei[illegible]nes Francis-Turbinenrades.

Abb. 2. Werkstatt mit verschiedenen im Großturbinenbau vorkommenden Teilen.

noch weiter vermehrt, wenn es nicht gelingt, Werkzeugmaschinen und Vorrichtungen zu verwenden, die die Anreißarbeit verringern.

Der Wasserturbinenbau braucht also Werkzeugmaschinen, die eine große Vielseitigkeit der damit ausführbaren Arbeiten aufweisen müssen, wenn nicht die Belastung der Herstellungskosten durch einen übermäßig großen Maschinenpark unerträglich werden soll. Da sehr große Turbinen, die eben noch bearbeitet werden können, verhältnismäßig selten vorkommen, müssen besonders die größten Werkzeugmaschinen stark mit Arbeiten beschäftigt werden, für die sie eigentlich zu groß sind. Auch aus diesem Grunde muß von den Großmaschinen verlangt werden, daß sie in ungewöhnlich weiten Grenzen Universalmaschinen sind. Sondermaschinen finden kaum Verwendung.

In der Gießerei werden Kreisteilmaschinen für das Formen der Laufräder verwendet. Abb. 1 zeigt den Vorgang bei einem Francisturbinenrad mit eingegossenen Blechschaufeln. Infolge der sehr großen Verschiedenheit der Schaufelformen, Schaufelzahl und Raddurchmesser machen sich besondere Einrichtungen zur Erleichterung der Formarbeit selbst an dieser Stelle nicht bezahlt. Die Tätigkeit der Maschinen bleibt auf die Ausführung einer genauen Teilung beschränkt. Der Arbeitsvorgang selbst ist durch das Bild ausreichend klargelegt.

Die mechanische Bearbeitung der großen sperrigen Teile erfordert zunächst entweder große Plandrehbänke oder entsprechende Karussell-Drehbänke.

Abb. 4. Großes Bohr- und Fräswerk.

Abb. 2 zeigt eine Werkstatt mit den verschiedensten im Groß-Tubinenbau vorkommenden Teilen. Im Vordergrund rechts sind solche Teile auf Kopfbänken von 4,5 und 6 m Dmr. aufgespannt,

Abb. 3. Bearbeitung des Stückschaufelringes einer großen Niederdruck-Francisturbine.

während dahinter auf einer Karussell-Drehbank ein kleinerer Teil bearbeitet wird. Den Vorteilen der Kopfbank: niedrigerer Anschaffungspreis, niedrigere Unkosten, stehen Nachteile gegenüber: das Aufspannen der Teile ist bedeutend zeitraubender; außerdem ist die Gefahr, daß sich die sperrigen und dabei doch dünnwandigen Stücke verspannen, viel größer als auf einer Karussellbank.

In Abb. 3 ist ein sogenannter Stützschaufelring einer sehr großen Niederdruck-Francisturbine während der Bearbeitung auf der Kopfdrehbank von Braun in Zerbst dargestellt. Die Kopfdrehbank erlaubt keinen so schweren Schnitt wie die Karussellbank; bei der Bearbeitung des abgebildeten Stützschaufelringes äußert sich dies jedoch nicht als ein Nachteil, weil das Stück selbst keinen übermäßig schweren Schnitt verträgt.

Abb. 4 zeigt ein großes Bohr- und Fräswerk der Maschinenfabrik Schieß, bei dem zwei Maschinenständer unabhängig voneinander auf einem gemeinsamen Bett verschiebbar aufgestellt sind, während die Arbeitstücke auf einer feststehenden Spannplatte aufgespannt werden. Der linke Ständer hat eine raschlaufende Innenspindel für das Bohren kleiner Löcher und eine Planscheibe, die das Aufspannen der größten Messerköpfe oder auch einzelner Stahlhalter ermöglicht. Der rechte Maschinenständer hat einen Spindelstock, der um eine wagrechte Achse schwenkbar ist, so daß er auch Flächen, die nicht rechtwinklig zur Aufspannfläche liegen, bearbeiten kann. Vor diesem Ständer befindet sich ein im Winkel verstellbarer Aufspanntisch, der durch eine Schraubenspindel genau eingestellt werden kann. Dieser Tisch wird vor dem Fräs- und Bohrwerk und auch auf dem Karussell oder auf der Hobelmaschine benutzt, wenn es sich um die Bearbeitung von Krümmern mit unregelmäßigen Winkeln handelt. Diese Bohr- und Fräswerke haben Einzelantrieb durch einen regelbaren Gleichstrommotor und Schnellverstellung für jede Bewegung.

Radial-Bohrmaschinen größter Ausladung sind unentbehrlich. Unter der einen Raboma-Maschine, Abb. 5, wird ein Laufrad der Propellertype (mit freiliegenden gußeisernen Schaufeln) gebohrt; mit der andern, linksstehenden, ist ein Drehtisch verbunden, der mit einer Teilvorrichtung versehen ist. Dieser Drehtisch dient zum Aufspannen von Maschinenteilen, die mit einer Zahl von Löchern in beliebiger Kreisteilung versehen werden sollen, und erspart das Anreißen jedes einzelnen Loches. Die nach oben hin verlängerte Welle des Drehtisches dient als Anschlag und Fixierung für den Auslegerarm der Bohrmaschine. Zur Gewährleistung größter Genauigkeit ist die Bohrspindel mit einer besonderen Führung versehen, die das seitliche Ausweichen des Bohrers auf ein Kleinstmaß beschränkt.

Der Arbeitsvorgang ist folgender: Die Wechselräder der Teilvorrichtung werden nach der gewünschten Kreisteilung ausgesucht, und die Kurbel der Teilvorrichtung wird in die Nullstel-

Abb. 5. Radialbohrmaschinen größter Ausladung.

Abb. 6. Bohren von Leitschaufeln auf einem gewöhnlichen Bohrwerk.

lung gebracht. Das Arbeitstück wird auf dem Teiltisch zentriert und das erste angerissene Loch unter den Bohrer gebracht. Der Bohrsupport wird nach genauer Einstellung auf den richtigen Kreisdurchmesser in seiner Stellung festgeklemmt und das erste Loch gebohrt. Weitere Löcher sind nicht angerissen. Nunmehr wird der Teiltisch mit Hilfe der Teilvorrichtung um je eine Teilung gedreht, und das nächste Loch wird ohne weitere Einstellung gebohrt. Die Ersparnis dieser Vorrichtung liegt in der wesentlichen Verkürzung der Anreißarbeit und der Nebenarbeiten beim Bohren. Lediglich das Zentrieren und Einstellen der Wechselräder kommt als Mehrarbeit dazu, jedoch ist diese Mehrarbeit geringer als die vorerwähnte Arbeitsersparnis, und vor allem ist die Genauigkeit bedeutend größer. Der abgebildete Teiltisch kann für Werkstücke bis zu 4 m Dmr. verwendet werden.

Abb. 6 stellt das Bohren von Leitschaufeln auf einem gewöhnlichen Bohrwerk dar. Es können je zwei Leitschaufeln nebeneinander aufgespannt werden. Während die eine bearbeitet wird, wird die andere auf- oder abgespannt. Es handelt sich bei dieser Arbeit um unverhältnismäßig lange Löcher, die mit möglichst geringer seitlicher Abweichung gebohrt werden müssen. Da es in den meisten Fällen möglich ist, die Leitschaufeln hohl zu gießen, so daß die Löcher im Innern der Schaufeln durch den Hohlraum verlaufen, ist ein gleichzeitiges Bohren von den beiden Seiten aus erwünscht. Dies wird durch das von der Firma Wetzel gebaute Doppelständer-Bohrwerk erreicht, das neuerdings mit voneinander unabhängigen Bohrspindeln, mit angeflanschtem Motor und neuzeitlichem Spindelkasten, wie in Abb. 7, ausgeführt wird.

[M 77] Dipl.-Ing. Otto Meyer.

Abb. 8. Fräsmaschine mit eingebautem elektrischen Antrieb.

Abb. 7. Einständer-Bohrwerk.

Fräsmaschinen mit eingebautem elektrischen Antrieb.

Die Firma Kearny & Trecker, Milwaukee, bringt in der neuesten Zeit eine Fräsmaschine auf den Markt, Abb. 8, bei der der antreibende Elektromotor in den hohlen Gehäusefuß so vollständig eingebaut ist, daß man ihn von außen überhaupt nicht mehr sieht. Die Motorkammer ist mit einem aufklappbaren Deckel versehen und wird durch einige Schlitze im Oberteil gelüftet, so daß sich die Maschine, wie durch umfangreiche Versuche unter schwerer Belastung festgestellt ist, nicht überhitzt. Am inneren Ende der Ankerwelle ist ein Ritzel angebracht, das mit dem Hauptrad des Maschinengetriebes im Eingriff steht. Bürsten und Kommutator des Motors liegen am äußeren Ende und sind daher leicht zugänglich. Die Geschwindigkeiten und Vorschübe der Maschine werden durch Hebel eingestellt, die an der Hinterseite des Maschinengestells gelagert sind, doch kann man diese Hebel für eine gegebene Reihe von Arbeitsgängen auch von der Vorderseite aus betätigen. [M 57]

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
NR. 10 SONNABEND, 7. MÄRZ 1925 BD. 69

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 328.

Die Abwärmeverwertung in Orts- und Fernheizwerken[1].

Von Prof. Chr. Eberle, Darmstadt.

Nach Besprechung der wesentlichsten Gesichtspunkte für die Ausnutzung der Abwärme von industriellen Feuerungen und von Verbrennungskraftmaschinen sowie des Abdampfes von Dampfmaschinen wird an der Hand ausgeführter Anlagen die große wärmewirtschaftliche Bedeutung der Abwärmeverwertung dargelegt.

Der Abdampf der Dampfmaschinen hat schon seit langer Zeit vielfach Verwendung gefunden, insbesondere in solchen industriellen Betrieben, die viel Wärme zur Durchführung ihrer Arbeitsprozesse brauchen, wie Zucker-, chemische Fabriken usw. Die hohe Bedeutung der bei den verschiedenen wärmetechnischen Arbeitsprozessen anfallenden Abwärme für die Wärmewirtschaft hat man erst im Laufe des letzten Jahrzehntes voll erkannt, und in diese Zeit fallen auch erst die ernsten und erfolgreichen Bestrebungen, diese Wärme zu Heizzwecken aller Art, besonders auch zur Raumheizung auszunutzen. Bei den folgenden Betrachtungen soll unter Abwärme die Wärme verstanden werden, die bei jedem Vorgang der Heiz- oder Energieumsetzung für den eigentlichen Arbeitsprozeß unverwertbar zurückbleibt.

Abwärme industrieller Feuerungen.

Bei allen Heizvorgängen, sei es an Dampfkesseln, an Schmiede-, Schmelz- und Glühöfen der Hüttenindustrie, an Zement-, Kalk-, Ton- und Porzellanöfen, an Glasschmelzöfen, an Unterfeuerungen für Gasretorten usw., wird die vom Brennstoff in das Heizgas übergehende Wärme nur teilweise nutzbar gemacht; die abziehenden Heizgase führen immer einen Teil der Wärme mit, die für den eigentlichen Arbeitsvorgang verloren ist.

Bezeichnet man mit

Q_1 die gesamte dem Prozeß auf 1 kg Brennstoff zugeführte Wärme,

Q_n die Wärme, welche für den Arbeitsprozeß nutzbar gemacht wird,

η_1 den Wirkungsgrad des Arbeitsprozesses, so ist

$$\eta_1 = \frac{Q_n}{Q_1}.$$

Wird von der den Prozeß verlassenden Abwärme noch Q_a ausgenützt, so ist der Wirkungsgrad der Abwärmeverwertung

$$\eta_2 = \frac{Q_a}{Q_1};$$

damit erreicht der Gesamtwirkungsgrad η für die Wärmeausnutzung

$$\eta = \eta_1 + \eta_2 = \frac{Q_n}{Q_1} + \frac{Q_a}{Q_1}.$$

Für die wärmetechnische Beurteilung eines Heizprozesses ist in erster Linie der Wirkungsgrad η_1 maßgebend; diesen auf einen möglichst hohen Wert zu steigern, muß das Bestreben des Heiztechnikers sein. Für t_l = Temperatur der Außenluft, t_1 = theoretische Verbrennungstemperatur, H = Heizwert von 1 kg Brennstoff, c_p = spezifische Wärme der Heizgase und G = Gewicht der Heizgase ist

$$H = G\, c_p\, (t_1 - t_l).$$

Werden die Heizgase auf die Temperatur t_2 abgekühlt und wird alle dabei abgegebene Wärme nutzbar auf das Arbeitstück übertragen, so ist

$$Q_n = G\, c_p\, (t_1 - t_2)$$

und

$$\eta_1 = \frac{Q_n}{H} = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_l}.$$

η_1 wächst also, da t_2 gegeben ist, mit t_1, und zwar wird der Einfluß von t_1 um so größer, je größer t_2 ist. t_1 wächst mit Abnahme von G; außerdem kann man t_1 auf t_1' steigern, wenn man die Verbrennungsluft vorwärmt. Damit wird der Wirkungsgrad:

$$\eta_1 = \frac{t_1' - t_2}{t_1' - t_l}.$$

Die Darstellung in Abb. 1 bis 3 läßt diesen Einfluß klar erkennen. Die Abszissen stellen die Entropie, die Ordinaten

Abb. 1 bis **3.** Abhängigkeit der Wärmeausnutzung von der Anfangstemperatur und dem Luftüberschuß.

[1] Vorgetragen auf dem Kongreß für Heizung und Lüftung, Berlin 1924.

absolute Temperaturen dar. In Abb. 1 ist die Verbrennung von der Temperatur $T_l = 300°$ ab mit der zweifachen Luftmenge durchgeführt. Abb. 2 entspricht der gleichen Anfangstemperatur T_l, jedoch dem 1,5fachen Luftüberschuß, und in Abb. 3 ist die Temperatur der Verbrennungsluft auf $T_l' = 500°$ erhöht. Die Endtemperatur des Prozesses T_2 ist in allen Fällen 1000°. Die schraffierten Flächen stellen die für den Arbeitsprozeß nutzbar gemachten Wärmemengen dar. Sie zeigen, wie die Verminderung des Luftüberschusses und die Steigerung der Anfangstemperatur bei gleicher Endtemperatur den Wirkungsgrad hebt.

Für die wirkliche Wärmeausnutzung, mit Berücksichtigung aller Wärmeverluste, gelten mit den in Abb. 4 eingetragenen Bezeichnungen folgende Beziehungen. Sind Q_s' und Q_s'' die durch Abstrahlung verloren gehenden Wärmemengen und Q_u der Verlust durch unvollkommene Verbrennung, so ist:

$$Q_1 = Q_n + Q_a + Q_s' + Q_s'' + Q_u + Q_3$$

$$Q_n + Q_a = Q_1 - (Q_u + Q_s' + Q_s'' + Q_3)$$

$$\eta = \frac{Q_n + Q_a}{Q_1} = 1 - \frac{Q_u + Q_s' + Q_s'' + Q_3}{Q_1}.$$

In wie hohem Maße der Wirkungsgrad η_1 bei industriellen Feuerungen mit sehr hohen Arbeitstemperaturen durch die Verbrennungstemperatur beeinflußt wird, haben die vergleichenden Versuche der Wärmestelle Düsseldorf[1]) mit Planrost- und Kohlenstaubfeuerungen an Stoßöfen gezeigt. Während die Planrostfeuerung für den Arbeitsprozeß nur 4 vH der Wärme ausnutzte, stieg der Wirkungsgrad bei Kohlenstaubfeuerung auf 12 vH. Die Hauptursache dieser wesentlichen Verbesserung war die bedeutende Erhöhung der Temperatur bei der Kohlenstaubfeuerung, die eine Verbrennung mit wesentlich geringerem Luftüberschuß zuläßt.

Für die Beurteilung eines Heizprozesses in wärmetechnischer Hinsicht und für die Erkenntnis der Möglichkeit zu Verbesserungen ist eine Untersuchung im Sinne des Vorstehenden erforderlich. Die weitaus verbreitetste Feuerung, zugleich diejenige, bei welcher die Wärme die weitgehendste Ausnutzung findet, ist die des Dampfkessels. Während bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts in Deutschland die Heizgase in der Regel nur im Dampfkessel selbst zur Dampferzeugung ausgenutzt wurden und mit Temperaturen von 300 bis 350 °C die Züge verließen, hat mit der Jahrhundertwende der Heizgasvorwärmer rasch Eingang gefunden und durch Herabsetzung der Endtemperaturen auf 150 bis 200° die Wärmeausnutzung wesentlich gesteigert. Die neueste Entwicklung der Dampferzeugung zu wesentlich höheren Drücken hat infolge der Vorteile der Ausnutzung der Dampfwärme zur abgestuften Speisewassererwärmung den Gedanken nahegelegt, das Speisewasser mit Maschinenabdampf bis nahe an die Sättigungstemperatur zu erwärmen. Dann wird es aber nicht mehr möglich, die Heizgase zur Speisewassererwärmung auszunutzen, und man kann Endtemperaturen der Heizgase von 150 bis 200° nur dann erreichen, wenn man sie zur Vorwärmung der Verbrennungsluft ausnutzt. Selbstverständlich könnte die Abwärme der Dampfkessel auch andern Zwecken zugeführt werden; so läßt sie sich z. B. zum Betrieb von Warmwasser- oder Luftheizungen und dergl. ausnutzen.

Q1 Qn Qs' Q2 Qa Qs'' Q3

Abb. 4. Schema der Ofenausnutzung.

Über die Wärmeausnutzung in Schmiedöfen aller Art gibt Zahlentafel 1 ein übersichtliches Bild. Die Versuche[2]) hat die Hauptstelle für Wärmewirtschaft durchgeführt, um der beteiligten Industrie die außerordentlich großen Wärmeverluste vorzuführen, die beim Betrieb dieser Öfen entstehen. Bei den untersuchten Öfen schwankte die Wärmeausnutzung zwischen 3,5 und 19,8 vH, der Kaminverlust zwischen 37 und 57,3 vH, die Temperatur der abziehenden Gase zwischen 500 und 1000° C. Die Werte für große Öfen der Hüttenindustrie sind den Arbeiten der Wärmestelle Düsseldorf[3]) entnommen. Über die wärmetechnischen Vorgänge im Glasschmelzofen unterrichtet die von Dr. **Maurach** durchgeführte Arbeit „Der Wärmefluß in einem Tafelglasschmelzofen"[4]). Wie große Wärmemengen in diesen Industrieöfen entwickelt werden, erkennt man z. B. daraus, daß einem großen Schmiedofen etwa 600 000 kcal/h zugeführt wurden. Ein Martinofen für 50 t Einsatz verbraucht etwa 12½ Mill. kcal/h und der Glasschmelzofen 13 Mill. kcal/h.

Zahlentafel 1. Wärmeausnutzung in Schmiedöfen.

Art des Betriebes	Nutzbar gemachte Wärme	Verlust des Ofens	Herdverlust	Kaminverlust
Kleiner Schmiedofen	4,2	36,8	3,0	56,0
Schmiedofen mit Herd	11,6	26,6	4,5	57,3
	11,8	23,7	8,2	56.3
Emaillierofen	19,8	26,2	4,0	50,0
Schmiedofen mit Rekuperation	16,1	33,3	3,0	47,6
Topfglühofen	13,9	43,6	3,0	39.5
Temperofen	3,5	56,5	3,0	37,0
Martinofen mit Rekuperation	30	30	10	30
Stoßofen	25	37	8	30
Glasschmelzofen	13	40	17	30

Ausgleichgefäß Warmwasser Frischwasserzufluß (unter Leitungsdruck) Rauchgase Abhitzeverwerter

Abb. 5. Schema einer mittelbaren Heizung.

Von den Gasretorten der Gaswerke und Kokereien ziehen die Gase mit 450 bis 550° ab. Nach einer Mitteilung in der Zeitschrift „Gas- und Wasserfach"[5]) hätten 1912/13 bei der Gaserzeugung durch Ausnutzung der Abgase der Retortenfeuerungen 2,7 Mill. t Dampf gewonnen werden können. Mit Wärme von 300 bis 1000° C kann man Warmwasser, Niederdruckdampf, Hochdruckdampf, oder warme Luft erzeugen. In allen Fällen sind Austauscher zwischen die Öfen und den Schornstein einzuschalten, welche die Wärme auf den neuen Wärmeträger überleiten.

Bei der Durchbildung der Austauscher ist folgendes zu beachten:

1. Der Austauscher muß den Eigenschaften des Abgases, insbesondere seinem Staubgehalt Rechnung tragen. Für staubfreie Gase eignen sich Heizröhrenkessel mit ver-

[1]) Mitteilungen Nr. 50 der Wärmestelle Düsseldorf 1923.
[2]) Archiv für Wärmewirtsch. 1922 Bd. 3 S. 99.
[3]) Mitteilungen der Wärmestelle Düsseldorf, Nr. 7 (1922), 46, 50 (1923).
[4]) Bd. 3, München 1923.
[5]) „Gas und Wasserfach" 1923 Bd. 66 S. 42.

hältnismäßig geringen Strahlverlusten, für staubreiche Gase besser Wasserröhrenkessel.

2. Werden Heizgase auf sehr niedrige Temperaturen abgekühlt, so kann sich der darin enthaltene Wasserdampf an den Heizflächen niederschlagen und zu Anfressungen führen, namentlich wenn die Brennstoffe viel Schwefel und die Abgase daher schwefelige Säure enthalten. Man soll deshalb die Heizflächen im allgemeinen nicht unter 40 bis 50 °C abkühlen. Will man in einem Abgasvorwärmer viel kälteres Wasser erwärmen, so muß man zur Vermeidung von Anfressungen mittelbare Erwärmung, Abb. 5, anwenden. In den Heizgasstrom wird ein Rohrkörper eingebaut, der nicht das zu erwärmende Wasser, sondern eine im Kreis umlaufende Wassermenge heizt. Dieses Verfahren hat weiter den Vorzug, daß die dem Heizgas ausgesetzte Heizfläche stets vom gleichen Wasser bespült wird, also Niederschläge vermieden werden.

3. Ist das Wasser in Abgasvorwärmern sehr lufthaltig und fließt es nur langsam durch, so bleiben die bei der Erwärmung aus dem Wasser tretenden Luftblasen an den Heizflächen hängen, was ebenfalls Anfressungen verursachen kann. Durch Entlüftung und große Geschwindigkeit des Wassers sowie durch Vermeidung von Stellen, woran Luftblasen haften können, läßt sich diesen Schäden vorbeugen. In schwierigen Fällen ist dem gegenüber Rostangriff beständigeren Gußeisen der Vorzug zu geben. Daher hat sich auch bis heute der gußeiserne Speisewasservorwärmer (Ekonomiser) erhalten.

4. Bei Entwurf und Bemessung der Wärmeaustauscher muß man die Ergebnisse der Forschungen über Wärmedurchgang beachten. Zahlreiche Versuchsarbeiten, insbesondere von Nusselt[1]), Rietschel[2]) und Kammerer[3]) haben für den Heizröhrenkessel den Zusammenhang zwischen Wärmeübergangszahl, Heizgasgeschwindigkeit und Heizrohrdurchmesser soweit geklärt, daß für die Verhältnisse bei der Abhitzeverwertung die Heizfläche zuverlässig berechnet werden kann. Rietschel hat für die Übergangszahl

$$\alpha = 3{,}145\,\frac{\gamma w^{0{,}79}}{d^{0{,}16}}$$

ermittelt. Aus den Versuchen von Kammerer an einem Heizröhrenkessel ergeben sich Werte für α, die sich durch die Rietschelsche Formel recht gut darstellen lassen, wenn man statt 3,145 die Zahl 4,13 setzt. Da Kammerer seine Versuche bei Temperaturen durchgeführt hat, die dem Betrieb des Abhitzekessels verhältnismäßig näher kommen als die Versuche von Rietschel an Luft, so scheint es berechtigt, die Werte von Kammerer der Berechnung von Abhitze-

[1]) Z. Bd. 61 (1917) S. 685.
[2]) Mitt. der Prüfungsanstalt für Heizung und Lüftung, Heft 3.
[3]) Z. bayr. Rev.-V. 1916 Bd. 20 S. 73.

Abb. 6. Heizfläche für 1 t/h Dampf von 100° aus Wasser von 100 °C.

Abb. 7. Heizrohrlängen für die verschiedenen Rohrdurchmesser und Gasgeschwindigkeiten.

Abb. 8. Dynamische Drücke und Rohrreibungswiderstände in mm W.-S.

Abb. 9. Erforderliche Zugstärken in mm W.-S.

Abb. 6 bis 9. Ermittlung von Heizflächen und Zugstärken für verschiedene Rohrdurchmesser.
Gaszusammensetzung: 10 vH CO_2, 10 vH O_2, 80 vH N_2. Abkühlung von 600 auf 200 °C.
Wassertemperatur: 100 °C $\alpha = 4{,}13\,\frac{\gamma_m\,w^{0{,}79}}{wd^{0{,}16}}$, γ_m bezogen auf 400 °C, $h\,\frac{R}{l} = 0{,}001166\,\frac{w^{1{,}852}}{d^{1{,}269}}\,\gamma$ Luft

kesseln zugrunde zu legen. In Abb. 6 bis 9 sind für eine Dampfleistung von 100 kg/h bei 100° Wassertemperatur und Abkühlung der Heizgase von 600° auf 200 °C die erforderlichen Heizflächen und Zugstärken für verschiedene Rohrdurchmesser und Gasgeschwindigkeiten dargestellt. Abb. 8 zeigt die nach den Rietschelschen Versuchen an Lufterhitzern berechneten Reibungsverluste und die der Geschwindigkeit entsprechenden Drücke. In Abb. 9 sind die erforderlichen Zugstärken dargestellt, die sich aus den Rohrreibungswiderständen und den Verlusten beim Eintritt in die Rohre zusammensetzen. Dabei ist angenommen, daß die Rohrlänge 5 m nicht übersteigt, so daß bei den nach Abb. 7 die Länge von 5 m übersteigenden Rohren der Eintrittsverlust zwei- oder dreimal auftritt. Die Ergebnisse zeigen klar, wie außerordentlich stark die erforderliche Heizfläche schwankt (55 bis 200 m²), wenn sich Rohrdurchmesser und Gasgeschwindigkeit ändern. Der Zugwiderstand steigt zwar erheblich mit der Geschwindigkeit; in vielen Fällen ist es aber wirtschaftlich richtig, den größeren Zugwiderstand in den Kauf zu nehmen, damit die Heizfläche vermindert wird. Sehr wesentlich ist es, unnötige Zugverluste infolge scharfer Ablenkungen zu vermeiden, so daß der Zug möglichst nur zur Erzeugung von nutzbarer Geschwindigkeit benutzt wird.

Abb. 10. Abhitzeverwertung im Elektrizitätswerk Trier für Warmwasserheizung; stündliche Leistung 760 000 kcal/h.

S_1 bis S_4 Speisewasservorwärmer
A_1 bis A_4 Abgasverwerter
P_1, P_2 Pumpen
H Pumpenheizung
F Frischdampfvorwärmer
V Verdampfer.

Beispiele von Anlagen für die Ausnutzung von Abhitze lassen sich in großer Zahl bringen[1]). Solche Abhitzekessel für Niederdruck- oder Hochdampfdruck, für natürlichen oder künstlichen Zug sowie mit Heizröhren oder Wasserröhren sind heute in zahlreichen Ausführungen vorhanden. Ihre Leistungen, bezogen auf die Einheit der Heizfläche, schwanken insbesondere wegen der sehr verschiedenen Gasgeschwindigkeiten in weiten Grenzen.

Abb. 11. Abgasvorwärmer in der Dampfkesselanlage im Münchener Hauptbahnhof.

In städtischen Gaswerken haben Heizröhrenkessel vielfach Anwendung gefunden; wie groß die Wärmemengen sind, die in größeren Werken aus der Abhitze der Retortenfeuerungen gewonnen werden können, mag man aus den Zahlen entnehmen, die über das Münchner Gaswerk[2]) in der Dachauerstraße veröffentlicht sind. Dort werden mit den Abgasen von 8 Münchener Kammeröfen, die mit 450 bis 500° abziehen, in 24 Stunden 48 000 kg Dampf erzeugt. Die Abwärme des Stuttgarter Gaswerks[3]) in Gaisburg versorgt das Schwimmbad; im Gaswerk erzeugt man Niederdruckdampf, der 800 m weit fortgeleitet und im Schwimmbad zur Warmwasserbereitung benutzt wird.

Daß man auch die Heizgase, die man schon in Dampf-

Abb. 12. Heizanlage der Werkstätten im Münchener Hauptbahnhof.

[1]) Z. bayr. Rev.-V. 1922 Bd. 26 S. 140.
[2]) „Gas- und Wasserfach" 1922, Bd. 45 S. 718.
[3]) „Gesundheitsingenieur" 1922 Bd. 45 Nr. 51.

kesselanlagen bis auf sehr niedrige Endtemperaturen ausgenutzt hatte, verwerten kann, um billig Warmwasser für Heizzwecke zu erzeugen, zeigt Abb. 10. Hinter die Dampfkessel eines elektrischen Kraftwerks, deren Abgase schon durch die Speisewasservorwärmer S_1 bis S_4 nutzbar gemacht werden, sind Abgasverwerter A_1 bis A_4 geschaltet, die Warmwasser für eine Pumpenheizung H bereiten. Die Pumpen P_1 und P_2 setzen das Warmwasser in Umlauf; die Anlage soll 760 000 kcal/h erzeugen. Wenn geringer Wärmebedarf in den Gebäuden herrscht, so dient die Abgaswärme teilweise dazu, das für die Kesselanlage erforderliche Zusatzwasser in dem Verdampfer V zu verdampfen. Damit man die Heizanlage auch bei größter Kälte, wenn die Abgaswärme nicht ausreicht, noch ordnungsgemäß betreiben kann, benutzt man einen Frischdampfvorwärmer F, der mit Sattdampf aus der Kesselanlage betrieben wird und das Heizwasser erwärmt oder nachwärmt.

Eine ähnliche Anlage, Abb. 11, nutzt die Abhitze der Dampfkessel im Elektrizitätswerk des Münchener Hauptbahnhofs zur Speisewasservorwärmung und Heizung aus. Die Wärme, die hier in Vorwärmern abgegeben wird, kann zeitweilig nicht ganz für das Speisewasser ausgenutzt werden. Man hat deshalb die etwa 1100 m entfernten Betriebwerkstätten mit einer Warmwasser-Pumpenheizung versehen, Abb. 12, die aus den Abgasvorwärmern der Kesselanlage gespeist wird. Sind die Ventile 1, Abb. 11, offen, so liefern die Vorwärmer Speisewasser, sind die Ventile 2 offen, so versorgen sie die Heizung. Als weitere Wärmequelle steht der Abdampf einer Gegendruckturbine zur Verfügung, der mit 5 at abs in einen Gegendruckvorwärmer eintritt.

Wegen der großen Entfernung zwischen dem Kraftwerk und den zu heizenden Gebäuden hat man Wert darauf gelegt, die umlaufende Wassermenge zu vermindern. Man hat deshalb die Temperatur des Vorlaufwassers auf etwa 130 ° gesteigert und, um dies zu ermöglichen, die Wasserleitung unter den Druck der in den Werkstätten vorhandenen Druckluftleitung gesetzt. Die Werkstättengebäude werden unmittelbar mit Wasser von rd. 130 ° beheizt, wobei Rohrschlangen oder Lufterhitzer benutzt werden. Das Geschäftsgebäude hat Schwerkraft-Niederdruckwasserheizung mit üblichem Temperaturgefälle und wird durch einen Gegenstromaustauscher versorgt.

Abwärme von Verbrennungsmaschinen.

Die ersten Versuche, die Wärme der Abgase und des Kühlwassers bei Verbrennungskraftmaschinen (Gas- und Dieselmaschinen) auszunutzen, liegen mehr als zwei Jahrzehnte zurück. Die ersten Ausführungen finden wir in industriellen Anlagen, insbesondere Textilfabriken und Bierbrauereien, wo man diese Wärme benutzt hat, um Warmwasser für Gebrauchzwecke zu erzeugen. Bei Gasmaschinen[1]) gehen von der zugeführten Wärme mit dem Kühlwasser 20 vH und mit den Abgasen bei Temperaturen von 400 bis 700 °C rd. 40 vH verloren. Dieselmaschinen[2]) nutzen die Brennstoffwärme etwas besser aus; mit dem Kühlwasser führen sie rd. 20 vH und mit den Abgasen rd. 30 vH ab; die Abgastemperaturen schwanken je nach der Belastung zwischen 200 und 500 °C.

Die Einrichtungen zur Verwertung der Abgaswärme sind grundsätzlich die gleichen wie bei industriellen Feuerungen; für die Erzeugung von Nieder- und Hochdruckdampf verwendet man im allgemeinen auch die vorher beschriebenen Abhitzekessel. Bei Erzeugung von Warmluft benutzt man gußeiserne[3]) oder schmiedeiserne[4]) Heizkörper, für deren Bauart die oben gegebenen Gesichtspunkte maßgebend sein sollten. In großen Betrieben, wo der Kraftbedarf den Heizbedarf weit überwiegt, wird der mit Hilfe der Abgase erzeugte Dampf zur Krafterzeugung, das Kühlwasser zur Kesselspeisung verwertet. Ein großes Hüttenwerk der Deutsch-Luxemburgischen Bergwerks- und Hüttengesellschaft, Abteilung Dortmunder Union, hat z. B. 50 000 PS in Großgasmaschinen in Betrieb; dahinter sind 22 Abhitzekessel mit 3480 m² Heizfläche, 1250 m² Vorwärmer- und 930 m² Überhitzerfläche aufgestellt, die auf 1 PS Gasmaschinenleistung etwa 0,8 kg Dampf von 10 at erzeugen. Diese Dampfmenge leistet in Dampfturbinen etwa 10 000 PS.

Daß sich durch Ausnutzung der Abwärme der vielen Gas- und Dieselmaschinen in städtischen Elektrizitätswerken wertvolle Heizanlagen, gesundheitliche und wirtschaftliche Einrichtungen versorgen lassen, bedarf, nachdem seit Jahren bewährte Beispiele dafür vorhanden sind, keines weiteren Beweises. Ich habe schon 1909 die Stadt Miltenberg in Bayern veranlaßt, beim Ausbau ihres Elektrizitätswerkes mit Sauggasmaschinen das Kühlwasser und die Abgase zur Bereitung von Warmwasser für ein kleines städtisches Schwimmbad und für den Schlachthof auszunutzen. Die Anlage hat sich in 15jährigem Betrieb ausgezeichnet bewährt. Eine wesentlich großzügigere Anlage wird in Schwerin i. Meckl. gebaut; dort wird die Abwärme von drei 800 PS-Dieselmotoren ein Warmwasser-Fernheizwerk mit rd. 2300 m Gesamtlänge der Vor- und Rückleitung und mit 1,5 Mill. kcal/h Wärmeverbrauch versorgen.

[B 896] (Schluß folgt.)

[1]) P. Meyer, Abwärmeverwertung industrieller Öfen, „Sparsame Wärmewirtschaft", 1920 Heft 2.
[2]) Eberle, Versuche an Dieselmotoren, Z. bayr. Rev.-V. (1906) Bd. 10 S. 21.
[3]) Hottinger, Abwärmeanlagen, Z. Bd. 55 (1911) S. 673.
[4]) „Sparsame Wärmewirtschaft" 1920 Heft 2 S. 17.

Die Abmessungen der Kuppelöfen.

An zwei größeren Kuppelöfen (I, II) und an einem kleineren (III) unternahm Alfons Wagner[1]) eine umfangreiche Versuchsreihe, um den Zusammenhang zwischen Kuppelofengröße und Schmelzgang zu klären. Der Ofen I hatte einen Vorherd und bei 800 mm lichtem Durchmesser in der Formebene eine Schmelzleistung von 3 bis 3,4 t/h. Für den Ofen II betrugen die entsprechenden Werte 700 mm und 2,3 bis 2,6 t/h. Er wurde mit einem Eisensammler von 1600 kg Fassungsvermögen durch eine 2 m lange Rinne verbunden, damit das flüssige Eisen entschwefelt werden konnte. Beide Öfen wurden mit einem elektrischen, seitlich verschiebbaren Schrägaufzug, der kleine Ofen III mit der Hand begichtet. Ein einstufiges Turbogebläse von 65 m³/min und 600 mm W.-S. Enddruck und auch Hochofenwind dienten zur Windversorgung. Die Mengen der Gattierung, die Zusammensetzung und Temperatur der Gichtgase und die Temperatur des flüssigen Eisens wurden planmäßig bestimmt. Die Versuchsergebnisse Wagners lassen sich, wie folgt, zusammenfassen:

Ein Vorherd hat große Vorzüge. Ist er vorhanden, so braucht seltener abgeschlackt zu werden. Der Schmelzverlust verringert sich dadurch um 1,2 vH. Der Vorherd wirkt auch ausgleichend auf die Temperatur des Eisens, der Wärmeverlust beträgt 60 bis 80 °C, der Ofengang ist gleichmäßiger, und das Verbrennungsverhältnis ist infolge stetigen Abfließens von Eisen und Schlacke aus dem Ofenherd und wegen des selteneren Abschlackens besser. Mit zunehmender Größe des Kuppelofens verschlechtern sich die Brennstoffausnutzung und die Wärmebilanz. Größere Querschnittfläche vor den Formen bedingt stärkere Windpressung. Der spezifische Windverbrauch auf 1 kg Rohkoks ist der Maßstab für die Ausnutzung des Brennstoffes, er wurde bei vollständiger Verbrennung zu Kohlensäure zu 6,4 m³/kg ermittelt. Ist die spezifische Windzahl größer, so muß Luftüberschuß vorhanden sein. Ist sie kleiner, so ist die Ursache in der unzureichenden Luftmenge oder Luftzuführung oder im schlechten Verbrennungsverhältnis zu suchen. Die Größe des Koks- und Eiseneinsatzes wirkt um so günstiger, je leichter der Satz ist. Für die günstigste Satzkoksmenge (S_k in kg) und den Kuppelofendurchmesser (d in m) gilt: $S_k = 55\,d^2$. Die Größe des Einsatzes ergibt sich dann aus der versuchsmäßig festgestellten spezifischen Koksverbrauchzahl.

Die meisten Kuppelöfen sind zu niedrig gebaut, ihre Gichttemperatur ist daher zu hoch. Richtig gebaute und betriebene Öfen sollen mit höchstens 300 °C an der Gicht arbeiten. Die nutzbare Schachthöhe zwischen der Düsenebene und der Unterkante der Beschicköffnung hängt vom Durchmesser ab. Sie soll verhältnisgleich mit ihm steigen. Wagner nahm verschiedene Schachterhöhungen vor und fand bei einem Satzkoks von 10 vH die günstigste Beziehung: Nutzbare Schachthöhe zu lichter Ofenweite = 6,4 : 1. Bleibt der Ofendurchmesser gleich, so muß dies Verhältnis mit zunehmender Satzkoksmenge größer und mit verringertem Satzkoks kleiner werden. Ist der Querschnitt der Düsen ausreichend, so wirkt eine zweite Düsenreihe nicht wesentlich auf das Schmelzen. Sie dient vorteilhaft bei zu geringem Düsenquerschnitt und daher unzureichender Windzufuhr dazu, um in bestimmten Fällen die Brennstoffausnutzung zu steigern.

[N 94] Dr.-Ing. Martin W. Neufeld.

[1]) „Stahl und Eisen" Bd. 44 (1924) S. 617.

Ein neuer Gasbrenner für industrielle Feuerungen.

Von Dipl.-Ing. E. Rosenkötter, Heidelberg.

Nachteile der bisherigen Gasbrenner — Forderungen an eine befriedigende Konstruktion — Darstellung des Burg-Gasbrenners — Bericht über Verdampfungsversuche mit der neuen Brennerbauart.

Die Vorzüge der Gasfeuerungen vor den Feuerungen für feste Brennstoffe sind in den letzten Jahren mehr und mehr anerkannt worden und haben die letzteren vielfach sogar dort verdrängt, wo die erforderlichen Wärmemengen mit festen Brennstoffen billiger erzeugt werden konnten.

Den einfachsten Gasbrenner erhält man, indem man das Gaszuleitrohr in den Feuerraum einführt und dafür sorgt, daß die Verbrennungsluft durch benachbarte Luftöffnungen eintreten kann. Eine solche Anordnung bringt aber Nachteile mit sich. Die Forderung an den Brenner, die einzelnen Gasteilchen möglichst schnell und innig mit den Luftteilchen in Berührung zu bringen, um eine möglichst vollkommene und wirtschaftliche Verbrennung zu erzielen, wird nicht erfüllt. Manche Gasteilchen kommen überhaupt nicht mit einer genügend großen Luftmenge zusammen und gehen unverbrannt durch die Feuerzüge. Bei andern ist die zugeführte Luftmenge wieder zu groß, dieser Teil des Gases verbrennt alsdann nur mit langer, flackernder Flamme, die gegen die kälteren Heizflächen der Feuerzüge schlägt; dabei kühlen sich die verbrennenden Gasteilchen ab, so daß ihre Verbrennungstemperatur teilweise nicht erreicht und der Ausbrand gehindert wird. Dies betrifft gerade den höchstwertigen Teil des Gases, das Methan, das als gesättigter Kohlenwasserstoff nur schwer verbrennt, und die schweren Kohlenwasserstoffe, deren Wasserstoffanteil in solchem Falle teilweise verbrennt, während der Kohlenstoff abgespalten und als unverbrennlicher Ruß abgeschieden wird.

Eine wesentliche Verbesserung dieser ungünstigen Verhältnisse tritt auch dann nicht ein, wenn der Gasbrenner nach Art des Bunsenbrenners gebaut wird. Es war ein Fehler, den Grundsatz der kleinen, im Laboratorium erprobten Bunsenbrenner auf die Gasbrenner für industrielle Feuerungen zu übertragen. Namentlich bei Leuchtgas, Koksofengas, Erdgas ist die Injektorwirkung des Bunsenbrenners sehr gering. Werden aber infolge der Saugwirkung der Feuerung größere Luftmengen mit angesaugt, so wird die Zündgeschwindigkeit des im Mischrohr entstehenden Gemisches leicht größer als die Strömungsgeschwindigkeit und die Flamme schlägt zurück, d. h. das Gas brennt bereits an der Düse, und zwar unvollkommen, weil sich die Flamme an den kalten Wandungen des Brenners abkühlt, diesen jedoch so stark erhitzt, daß er Schaden leidet. Die beim einfachen Brennerrohr geschilderten Erscheinungen treten dann in verstärktem Maß auf. Dagegen hilft auch nicht die Auflösung der einen großen Düse in eine Anzahl kleinere, die man bei manchen Ausführungen findet.

Wesentlich verbessert wurden die Verbrennungsverhältnisse in den letzten Jahren dadurch, daß dem Gas und der Luft durch besondere Leitkanäle im Brenner eine drehende Bewegung erteilt wurde. Um eine möglichst schnelle und innige Mischung von Gas und Luft herbeizuführen, zerlegte man den Luft- und den Gasstrom in eine mehr oder minder große Anzahl von Strömen kleineren Querschnittes und erreichte auf diese Weise einen guten Ausbrand des Gases. Dazu kam, daß die Verbrennungstemperatur hoch und demzufolge der Wärmeübergang gut waren. Hierdurch ergab sich bei diesen Brennern ein weit größerer Gesamtwirkungsgrad als bei den früheren Bauarten. Indessen hatten diese Gasbrenner doch noch bemerkenswerte Nachteile. Da die Verbrennungsluft hierbei nahezu zentral und in der Richtung der Brennerlängsachse einströmte, trat eine Kühlung der Brenner durch die einströmende kalte Luft fast gar nicht ein, und die auf die Brenner zurückgestrahlte Wärme wurde weitergeleitet und auf den Brennerkopf übertragen, so daß dieser eine für die Bedienung unangenehme hohe Temperatur annahm, die zudem auch einen Wärmeverlust zur Folge hatte. Durch die starke Erwärmung von Gas und Luft an den Wandungen des heißen Brenners wurde aber auch die Verbrennungsgeschwindigkeit sehr erhöht, so daß die Flamme unmittelbar auf dem Brenner aufsaß. Dieser wurde an der Mündung hoch erhitzt, ja glühend, und verbrannte, so daß der Brenner bald unbrauchbar wurde und durch einen neuen ersetzt werden mußte.

Ähnliche Erscheinungen geringer Betriebsicherheit infolge kurzer Lebensdauer der Brenner hatten sich ja auch bei den vorher erwähnten Gasbrennern, die aus einfachen Gaszuleitungen bestanden oder nach Art des Bunsenbrenners gebaut waren, gezeigt. Man konnte ihren starken Verschleiß dadurch etwas herabmindern, daß man die Feuerung mit einem großen Luftüberschuß betrieb und so die Verbrennungstemperatur stark herabsetzte. Diese niedrige Verbrennungstemperatur ist bei den meisten Feuerungen wegen des verringerten Wärmeübergangs aber un-

Abb. 1. Schnitt durch den Kreuzstrombrenner.

a ringförmige Öffnung für den Eintritt der Verbrennungsluft
b Luftschieber
c Stutzen für Gaseintritt
d kegelige Öffnung
e Zündrohr
f Explosionsklappe
g Schrauböffnung zum Ablassen von Wasser und Teer.

Abb. 2. Wärmeausnutzung und Verluste in vH.

erwünscht, und außerdem sind mit dem hohen Luftüberschuß sehr große Abgasverluste verbunden.

Ein wichtiger Umstand für die Betriebsicherheit der Gasfeuerungen ist es weiterhin, daß die Feuerung auch von ungeschulten Arbeitern gefahrlos in Betrieb gesetzt werden kann. Zu diesem Zweck muß vor dem Öffnen des Gasventils eine Zündfackel an die Brennermündung gehalten werden, an der sich das Gas nach dem Öffnen des Ventils beim Ausströmen aus dem Brenner entzündet. Bei den meisten bisher gebauten Brennern ist eine solche Möglichkeit nicht oder nur sehr unvollkommen gegeben. Auch bei den bekannten Brennern mit schraubenförmig bewegtem Gasstrom und axialem Lufteintritt kann eine Zündfackel nur an die Seite der Brennermündung gehalten werden. Am schwierigsten, ja sogar gefährlich ist das Entzünden des Gases bei den Brennern, die nach Art des Bunsenbrenners gebaut sind, weil die Flamme dabei fast stets zurückschlägt.

Die Regelbarkeit und die Anpassung an den jeweiligen Betrieb sind bei den Gasfeuerungen im allgemeinen leicht und einfach im Vergleich zu den Feuerungen für feste Brennstoffe. Bei den bisher bekannten Gasbrennern wird jedoch mit stärkerer Abdrosselung der Gas- und Luftzufuhr die Mischung und damit auch die Verbrennung noch schlechter.

Der in Abb. 1 dargestellte Kreuzstrombrenner (DRP Nr. 363 452)[1]) ist ein sogenannter Wirbelstrom-Gasbrenner, bei dem die Luft und das Gas in zwei zueinander konzentrischen Kreisen in den Brenner eingeführt werden. Die Verbrennungsluft tritt radial durch die ringförmige Öffnung *a*, die durch die Schieber *b* mehr oder weniger geschlossen werden kann, in den äußeren der beiden Kreise, während das Gas durch den Stutzen *c* in den inneren Kreis des Brenners eingeführt wird. Durch einige im Brenner angeordnete Leitschaufeln wird der außen strömenden Verbrennungsluft eine Rechtsdrehung und dem innen strömenden Gas eine Linksdrehung erteilt. Noch kurz vor dem Zusammentreffen der Luft mit dem Gas erhält das Gas durch die Kegelform bei *d* eine erhöhte Geschwindigkeit und wird dadurch gleichzeitig aus seiner axialen Bewegungsrichtung gegen die axial strömende Luft abgelenkt, wodurch eine schnelle und innige Mischung beider Teile und eine hohe Verbrennungstemperatur gewährleistet sind. Durch die große Geschwindigkeit des Gasluftgemisches an der Brennermündung, die die Zündgeschwindigkeit übersteigt, wird die Flamme vom Brenner abgehalten. Der Brenner bleibt während des Betriebes völlig kühl.

[1]) Der Brenner wird von der Firma Eugen Burg & Co. G. m. b. H. Essen, hergestellt.

Zahlentafel 1. Zusammenstellung der Versuchs-Ergebnisse. Verdampfungsversuche auf der Zeche Emscher-Lippe. Schachtanlage 3/4.

Nr. des Versuches		1	2	3
Tag des Versuches		14. 10. 24	15. 10. 24	16. 10. 24
Dauer des Versuches	h	7 h 2 min	7 h 2 min	7 h
Bauart des Kessels			Zweiflammrohrkessel	
„ der Gasfeuerung			Burg-Gasbrenner	
Heizfläche des Kessels	m^2		128,2	
„ „ Überhitzers	m^2		50,0	
Frischgas:				
Art			Koksofengas	
Kohlenstoffgewicht bei 0° C und 760 mm Q.-S.	kg/m^3	0,180	0,164	0,174
Verbrennungswasser von „ „ „ „	kg/m^3	0,900	0,883	0,934
Spez. Gewicht, bezogen auf Luft = 1		0,392	0,426	0,407
Barometerstand	mm Q.-S	769,0	767,9	766,3
Gasdruck an der Meßstelle	mm W.-S.	11	25	12
Gastemperatur an der Meßstelle	°C	20	22	23
Unterer Heizwert an der Meßstelle	$kcal/m^3$	3780	3500	3580
Gasmenge an der Meßstelle	m^3/h	552	995	742
Unterer Heizwert, bezogen auf 0° C und 760 mm Q.-S.	$kcal/m^3$	4060	3800	3950
Verbrauchte Gasmenge, „ „ „ „ „ „ „	m^3/h	514	918	672
Speisewasser:				
Verdampft insgesamt	kg	17470	26400	22100
„ in 1 h	kg	2480	3750	3157
„ auf 1 m^2 Heizfläche in 1 h	kg	19,35	29,2	24,6
Temperatur beim Eintritt in den Kessel	°C	12	12	12
Dampf:				
Überdruck im Kessel/hinter dem Überhitzer	at	10,8/10,7	11,0/10,9	10,4/10,4
Temperatur beim Austritt aus dem Überhitzer	°C	258	315	294
Erzeugungswärme	kcal	695,6	726,0	715,6
Heizgase:				
Temperatur am Flammrohrende/am Kesselende	°C	425/219	~ 700/305	620/266
CO_2-Gehalt „ „ /„ „	vH	8,0/5,7	8,8/7,2	8,3/6,9
O-Gehalt „ „ /„ „	vH	3,0/8,1	1,3/5,7	1,9/5,9
CO-Gehalt „ „ /„ „	vH	—	—	—
Luftbedarf „ „ /„ „		1,17/1,54	1,05/1,32	1,09/1,34
Zugstärke am Kesselende	mm W.-S.	10	12	10
Temperatur der Verbrennungsluft	°C	20	22	23
Verdampfung:				
1 m^3 Gas verdampft Wasser	kg	4,50	3,77	4,25
Ergebnisse.				
Leistung von 1 m^3 Gas an Dampf von 640 kcal	kg	4,89	4,28	4,75
„ „ 1 m^3 Gas (0° C und 760 mm W.-S.) an Dampf von 640 kcal	kg	5,25	4,64	5,25
„ „ 1 m^2 Heizfläche an Dampf von 640 kcal	kg/h	21,1	33,1	27,5

Wärmeverteilung.	1 kcal	1 vH	2 kcal	2 vH	3 kcal	3 vH
1. Nutzbar: a) im Kessel	2950	78,0	2476	70,8	2790	77,9
b) im Überhitzer	181	4,8	264	7,5	250	7,0
Summe 1	3131	82,8	2740	78,3	3040	84,9
2. Verloren: a) an freier Wärme in den Schornsteingasen	461	12,2	550	15,7	437	12,2
b) durch unverbrannte Gase / c) durch Leitung, Strahlung usw. als Restverlust	188	5,0	210	6,0	103	2,9
Summe 2	649	17,2	760	21,7	540	15,1
Summe 1 und 2	3780	100,0	3500	100,0	3580	100,0

Die kräftige Durchwirbelung der Luft mit dem Gas wird auch dann noch gewährleistet, wenn die Zufuhr stark gedrosselt wird, die Feuerung also nur gering beansprucht ist. Das von dem Brenner abströmende Gasluftgemisch behält den Drall des Teiles bei, der beim Austritt aus dem Brenner die größere kinetische Energie hat. Bei Koksofengas ist dies die Luft, weil ihre Menge etwa fünfmal so groß als die des Gases und ihr spezifisches Gewicht außerdem doppelt so groß ist.

In der Längsachse des Brenners und innerhalb der Drallführung des Gases befindet sich das Zündrohr *e*, durch das bei Inbetriebsetzung der Feuerung die Zündfackel gesteckt wird. Dieses Rohr ist nach außen hin durch die Explosionsklappe *f* verschlossen, die lose auf dem abgeschrägten Rohrende aufliegt und bei einer etwaigen, durch irgendwelche Zufälligkeit hervorgerufenen Explosion in der Feuerung diese durch selbsttätiges Öffnen der Klappe entlastet, indem die Explosionsgase nach außen austreten. Die Klappe wird infolge des in der Feuerung herrschenden Unterdruckes gegen die Auflagefläche gedrückt, eine besondere Abdichtung ist nicht erforderlich.

Beim Entwurf des Brenners ist auch auf die Verwendung stark verunreinigter Gase, die Teer, Naphthalin oder dergleichen abscheiden, Rücksicht genommen worden, da er leicht und schnell auseinandergenommen und gereinigt werden kann. Zum Ablassen etwa abgeschiedenen Wassers oder Teers dient die Schrauböffnung *g*.

Der Brenner wurde kürzlich vom Dampfkessel-Überwachungsverein für die Zechen des Oberbergamtbezirks Dortmund in Essen auf der Kesselanlage der Zeche Emscher—Lippe in Datteln eingehend untersucht. In einem Zweiflammrohrkessel von 128,2 m² Heizfläche und 12 at Betriebsdruck mit einem Dampfüberhitzer von 50 m² Heizfläche waren zwei Brenner eingebaut. Ein Speisewasser-Vorwärmer war nicht vorhanden. Gefeuert wurde mit dem auf der Zeche hergestellten Koksofengas. Es wurden drei Verdampfungsversuche von je 7 h Dauer mit Brennern bestimmter Größe vorgenommen, nachdem der Beharrungszustand des Kessels eingetreten war. Der Kessel war vorher schon mit Unterbrechung acht Wochen in Betrieb gewesen. Für die drei Versuche wurden die Brenner auf verschiedene Belastungen eingestellt, und es ergab sich der mittlere Gasverbrauch zu 514, 672 bzw. 918 m³/h. Die entsprechenden spezifischen Kesselleistungen betrugen 21,1, 27,5 bzw. 33,1 kg Normaldampf auf 1 m² Heizfläche und Stunde und die Temperatur des überhitzten Dampfes 258, 294 bzw. 315 °C.

Die hohen Dampfleistungsziffern wurden erreicht, obwohl nur ein sehr geringer Gasdruck zur Verfügung stand, nämlich 11, 12 bzw. 25 mm W.-S. Bei günstigeren Gasdruck- und Zugverhältnissen hätten die Dampfleistungsziffern noch höher sein können. Der am Kesselende erforderliche Kaminzug betrug nur 10, 12 bzw. 10 mm W.-S., was als sehr gering bezeichnet werden muß, wenn man berücksichtigt, daß bis zu 918 m³/h Gas durchgesetzt worden sind. Dies läßt auf geringe Widerstände im Brenner schließen. Ein Beweis für die schnelle und gute Durchmischung des Gases und der Luft ist, daß sich die restlose Verbrennung bereits mit dem Luftüberschuß von 5 bis 10 vH erreichen ließ. Auch die Ausnutzung des Gases im Kessel war günstig, wie die Abb. 2 zeigt. Hierbei ist die Ausnutzung in vH des Gases in Abhängigkeit vom Gasverbrauch in m³/h angegeben. Die Anteile für den Gewinn im Kessel und im Überhitzer sind gesondert bezeichnet und als Restglied die durch Strahlung des Kesselmauerwerks, durch Wärmeleitung usw. verlorene Wärme.

Der größte Gewinn ergibt sich bei Versuch Nr. 3, wobei 85 vH der gesamten aufgewendeten Wärmemenge für die Dampfbildung ausgenutzt worden sind. Dieser hohe Wirkungsgrad wird auch bei kleinerer und größerer Belastung nicht viel geringer, er fällt beim Versuch Nr. 1 auf 83 vH und beim Versuch Nr. 2 auf 78,3 vH. Diese Ergebnisse müssen als sehr gut bezeichnet werden.

Der Brenner ist auch für sämtliche andern technischen Brenngase, wie Hochofen-, Generator-, Erdgas und dergleichen zu verwenden. In diesen Fällen muß nur das Verhältnis der Durchgangsquerschnitte für Gas und Luft entsprechend den verschiedenen Heizwerten der Gase gewählt werden. [B 90]

Die Salzburger Kammerofenanlage.

In der Zeitschrift „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 67 (1924) berichtet Direktor Roßkothen über die Kammerofenanlagen des Salzburger Gaswerkes. Die von Heinrich Koppers, Essen, errichtete Ofenanlage besteht aus einem mit wandernder Ladung betriebenen Senkrechtkammerofen mit zwei Kammern von je 9 m Höhe. Jede Kammer hat einen mittleren Querschnitt von 2,5 × 0,44 m² bei einem Kohlendurchsatz von 10 t in 24 h. An dem Ofenmauerwerk ist bemerkenswert, daß der ganze Ofenmantel und die angebaute Gaserzeugeranlage aus Eisenbeton hergestellt sind, der eine gute Wärmeisolierung des Ofens ermöglicht. Über den Kammern liegt der Kohlenbunker mit einem Fassungsvermögen von 40 t. Zwischen dem Kohlenbunker und jeder Kammer ist ein Kohlenfüllbehälter eingeschaltet, der gegen den Hauptbunker absperrbar ist. Durch Öffnen eines doppelten Verschlusses werden alle Stunde in diesen Füllbehälter Kohlen eingelassen, die dann von selbst in die Kammer abwandern.

Die Kohlen werden durch einen Kippkübel mit 500 kg Fassungsraum in einen Aufgabebunker und von dort nach Zerkleinerung der Kohlen in demselben Kübel in den Hauptbunker über den Kammern geschafft. Die hier gebildeten Koks werden am unteren Kammerende durch eine Austragwalze in eine Kokstasche befördert, die nach unten durch Tauchverschluß von der Außenluft abgesperrt ist. Je nach der Ofenbelastung wird in längeren oder kürzeren Zeiträumen — im Durchschnitt alle Stunde — die Kokstasche entleert und die Koks in Feldbahnwagen abgezogen, die sie dem Koksplatz zuführen. Oberhalb der Austragwalze wird Wasser auf die Koks in feiner Verteilung eingespritzt, die Koks also im Entgaserraum selbst abgelöscht und so die Wärme der Koks für die Entgasung ausgenutzt. Der Wasserdampf zersetzt sich beim Durchwandern der heißen Koksschichten zu Wassergas, das — besonders bei feinkörniger Kohle — in eine untere Vorlage, die sogenannte Wassergasvorlage, geleitet wird, während das übrige Gas am oberen Kammerende durch Steigrohre nach einer oberen Vorlage gelangt.

Die Kammern werden an ihren Breitseiten in senkrechten Heizzügen unter Anwendung der regenerativen Wärmerückgewinnung geheizt. Als Heizgas kann bei der Salzburger Anlage sowohl Generatorgas aus Koks wie Steinkohlengas verwendet werden. Das Generatorgas wird in einem Drehrostgaserzeuger mit mechanischer Entschlackung gewonnen. Das Generatorgas verläßt den Hauptgaserzeuger mit etwa 300 °C und wird vor seinem Eintritt in die Ofenanlage in einem Wascher gewaschen. Die Vorteile des Drehrostgaserzeugers sind die Gaserzeugung bei gleichem Druck und gleichmäßiger Beschaffenheit und die Verwendung minderwertiger Brennstoffe.

In der Ofenanlage können bei voller Belastung der Kammern 5000 m³ abgabefähigen Gases bei Steinkohlengasheizung, rd. 9000 m³ bei Generatorgasheizung erzeugt werden. Die Leistung kann durch entsprechende Einstellung der Beheizung und der Sinkgeschwindigkeit der Kohle bis auf die Hälfte der Höchstleistung herabgesetzt werden, ohne daß Teile des Ofens kaltgestellt oder außer Betrieb genommen werden müssen. Ebenso schnell kann die Ofenleistung wieder gesteigert werden, so daß eine große Anpaßfähigkeit an den schwankenden Gasverbrauch besteht. Die Sinkgeschwindigkeit der Kohlen und damit der Durchsatzleistung jeder Kammer wird durch Verstellung der Geschwindigkeit der Koksaustragvorrichtung geregelt.

Die Betriebswirtschaft wird sich verschieden gestalten, je nachdem Generatorgas oder eigenes Destillationsgas für die Ofenbeheizung verwendet wird. Die wahlweise Beheizung der Anlage mit Starkgas oder Schwachgas stellt zweifellos etwas Neues auf dem Gebiete mittlerer und kleinerer Gaswerke dar. Die in Zahlentafeln und Kurven angeführten Preiszusammenstellungen zeigen, von welch weittragender Bedeutung es für ein Gaswerk ist, den Betrieb der Ofenanlage so gestalten zu können, wie es die jeweilige Preislage und die Absatzverhältnisse für Koks und die andern Nebenerzeugnisse gestatten. Ganz allgemein zeigen die Wirtschaftsergebnisse des Betriebes mit dem Senkrechtkammerofen weiter noch, daß sich wesentliche Ersparnisse gegenüber dem Wagerechtofenbetrieb erreichen lassen, die hauptsächlich dem geringeren Unterfeuerungsverbrauch, dem niedrigeren Bedienungsaufwand und der höheren Gasausbeute zuzuschreiben sind. Als weitere Vorteile dieses Ofensystems sind anzuführen: Fortfall der Belästigung der Arbeiter durch Staub, Asche, Feuer und Hitze, Ausnutzung der im glühenden Koks steckenden Wärme sowie gleichbleibende Gasbeschaffenheit. [N 135] Prockat.

Die Ölmaschinenanlage der 20600 t-Motorschiffe „Svealand" und „Americaland".

Erbaut von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin.

Von Obering. Hans Thorwarth †.

Die von der AEG-Turbinenfabrik, Berlin, gelieferten Ölmaschinen-Anlagen für die auf der Deutschen Werft, Hamburg, im Bau befindlichen Erzfrachtschiffe „Svealand" und „Americaland" werden eingehend beschrieben. Im Zusammenhang damit wird über das von derselben Fabrik praktisch erprobte und von der Deutschen Werft bereits auf mehreren großen Motorschiffen mit gutem Erfolg angewandte Verfahren zur Leistungserhöhung durch Zusatzladung berichtet.

Die Hauptmaschinen.

Vor kurzem wurde auf dem Prüfstand der AEG-Turbinenfabrik die erste von vier zu liefernden umsteuerbaren Hauptschiffsölmaschinen zweier Erzfracht-Motorschiffe erprobt und abgeliefert, s. Abb. 1 und 2.

Die Maschinen sind von der Deutschen Werft, Hamburg, bestellt, die die Erzschiffe für die Reederei Axel Broström & Sohn in Gothenburg baut.

Die beiden Schiffe werden mit je zwei Achtzylinder-Viertaktmaschinen, Bauart AEG-Burmeister & Wain, von 740 mm Zyl.-Dmr. und 1200 mm Kolbenhub mit einer normalen Gesamtleistung von 6400 PS_i ausgerüstet und sind die größten bisher gebauten Frachtschiffe mit Ölmaschinenantrieb.

Die Maschinenanlage ist, wie auch bei Tankschiffen üblich, im Hinterschiff untergebracht, Abb. 3 bis 5. Die Geschwindigkeit des vollbeladenen Schiffes beträgt 12 Kn bei 110 Uml./min der Hauptmaschinen. Der Aufbau der Maschinen, Abb. 6, ist dem der früher beschriebenen 1550 PS_i-Maschine[1]) ähnlich; es sollen daher im folgenden nur die Neuerungen dieses größeren Modells erwähnt werden.

Die für die B. & W.-Maschinen kennzeichnende Anordnung der Zuganker, die vom Kurbelgehäuse bis zur Oberkante des Arbeitszylindermantels durchgehen und eine vollkommene Entlastung der Maschinenständer und Zylindermäntel von den auftretenden Verbrennungsdrükken herbeiführen, ist auch bei dem größeren Modell beibehalten, Abb. 7. Die untereinander gleichen Arbeitszylindermäntel sind im Gegensatz zu der früher beschriebenen 1550 PS_i-Maschine einzeln gegossen. Je vier sind zu einem Zylinderblock verschraubt; der Zusammenbau dieser Blöcke gestaltet sich sehr einfach, wie aus Abb. 7 hervorgeht.

[1]) Z. Bd. 67 (1923) S 948.

Die verschiebbare Nockenwelle liegt auf halber Maschinenhöhe und wird durch Stirnräder von der Kurbelwelle aus angetrieben. Zur Bewegung der Steuerventile dienen Stoßstangen in Verbindung mit gleicharmigen

Abb. 1.

Abb. 2.

Abb. 1 und 2. Umsteuerbare 3200 PS_i-Schiffsölmaschine auf dem Prüfstand.

Abb. 3 bis 5. Maschinenraum mit zwei Achtzylinder-Viertakt-Ölmaschinen von je 3200 PS_i. Maßstab rd. 1 : 250.

a Hauptmaschine mit Drehvorrichtung und Drucklager.
b 100 kW-Dieseldynamo.
c Hilfskessel mit ölfeuerung.
d Süßwasser-Rückkühler.
e Dampf-Notkompressor, 6 m³/h bei 500 Uml./min.
f Auspufftopf für die Hauptmaschinen.
g Kühlwasserpumpen.
h Treiböl-übernahmepumpe.
i Treibölbehälter für Tagespumpe.
k Maschinen-Lenz- und Klosettpumpen.
l Reserve-Lenz- und Klosettpumpen
m Zahnrad-Schmierölpumpen.
n Einblaseflaschen.
o Aushilfs-Einblaseflaschen.
p Treiböl-Tagesbehälter von je 14 m³ (Abb. 5).
q Treibölmeßtank von 1 m³.
r Anfahrluftbehälter von je 26 m³

Laderaum

Speisewassertank — Schmieröltank — Frischwassertank — Treiböltank

Abb. 4. Grundriß des Maschinenraumes.

Doppelhebeln. Diese Konstruktion vereinigt in sich die Vorteile guter Zugänglichkeit und einfachen Ausbaues der Ventile bei Überholarbeiten.

Die Arbeitszylinder, Zylinderdeckel und Auspuffsammlerrohre werden durch Süßwasser gekühlt, das in einem Kühler von 250 m² Kühlfläche durch Seewasser rückgekühlt wird. Den Kühler, an den die elektrisch angetriebene Umwälzpumpe von 150 t/h Leistung unmittelbar angebaut ist, zeigen Abb. 8 und 9. Das aus den Maschinen austretende Süßwasser wird nach dem 3 m³ fassenden Hochbehälter geleitet, dort entlüftet und dann dem zwischen den Bedienungsständen der beiden Hauptmaschinen aufgestellten Rückkühler unter Druck zugeführt. In vier Behältern von je 10 m³ Inhalt wird Frischwasser zum Erneuern des verdampften Umlauf-

Abb. 5. Querschnitt durch den Maschinenraum.

Abb. 6. Schnitt durch den Arbeitszylinder der 3200 PS$_i$-Schiffsölmaschine. Maßst. rd. 1 : 50.

wassers mitgeführt. Bei Ausfall der Rückkühlanlage können die Hauptmaschinen durch Umschaltventile auch mit Seewasser gekühlt werden.

Süßwasserkühlung ist insbesondere bei großen Maschineneinheiten angebracht und hat den Vorzug, daß die umständlich zu reinigenden Kühlräume der Arbeitszylinder und Zylinderdeckel frei von Ablagerungen bleiben. Das Wärmegefälle des Kühlmittels selbst kann unabhängig von der Seewassertemperatur so eingestellt werden, daß Deckelbrüche infolge Wärmespannungen vermieden werden.

Für die angehängte Einblaseluftpumpe und die Arbeitskolben ist Seewasserkühlung vorgesehen. Für die Arbeitskolben ist Süßwasserkühlung unvorteilhaft. Der zum Prüfen des Wasserumlaufs angeordnete sichtbare Austritt des ablaufenden Kolbenkühlwassers bringt es mit sich, daß eine größere Menge Wasser dabei verdampft und mithin ständig ersetzt werden muß; ferner sind getrennte Hilfspumpen notwendig, damit das Kolbenablaufwasser nach dem Hochbehälter oder in den Süßwasserkreislauf zurückgeführt wird. Die Kühlanlage wird dadurch nur verwickelt und betriebsunsicher. Kalk- und Salzablagerungen in den Kühlräumen der Arbeitskolben, verursacht durch Seewasserkühlung, sind bei den in großer Anzahl in Betrieb befindlichen AEG- bzw. B. & W.-Maschinen nicht festgestellt worden. Die einfache Gestaltgebung

Abb. 8 und 9. Schnitt durch den Süßwasser-Rückkühler.

Abb. 7.
Zusammenbau eines Zylinderblocks der 3200 PS$_i$-Schiffsölmaschine.

der Kühlräume, Abb. 10 und 11, in Verbindung mit den weit gehaltenen Zu- und Abfluß-Tauchrohren sowie die ständige Bewegung des Kühlmittels sorgen dafür, daß auch bei nicht ganz reinem Seewasser Ablagerungen in den Arbeitskolben vermieden oder sofort abgeführt werden.

Das aus sämtlichen Arbeitskolben ablaufende Wasser wird auf der hinteren unteren Bedienungsbühne nach einem gemeinsamen Abflußtrichter geführt. Die Tauchrohr-Stopfbüchsen, die Kühlwasser-Regelventile, die Schmierung der Stopfbüchsen sowie die sichtbaren Leckwasserableitungen sind so angeordnet, daß von dieser Bedienungsbühne aus das einwandfreie Arbeiten der Arbeitskolben und der Kühlung vom Maschinenpersonal leicht nachgeprüft werden kann.

Am vorderen Ende jeder Hauptmaschine ist eine einkurbelige Dreistufen-Einblaseluftpumpe angeordnet, Abb. 12. Ihre Hauptabmessungen betragen 850 mm Dmr. des ND-Zyl., 760 mm Dmr. des MD-Zyl., 170 mm Dmr. des HD-Zyl. und 400 mm Hub. Von der Pleuelstange der Luftpumpe aus werden zwei einfachwirkende Kolbenpumpen (Lenz- und Klosettpumpen) von je 30 m³/h Förderleistung angetrieben. Die Lenzpumpe dient gleichzeitig zum Auswerfen des Kolbenkühlwassers.

Abb. 10 und 11.
Schnitt durch Arbeitskolben mit Tauchrohrkühlung.

Leistungserhöhung durch Zusatzladung.

Die Hauptmaschinen sind von vornherein so eingerichtet, daß zur späteren Steigerung der Schiffsgeschwindigkeit auf 13 Kn eine Leistungserhöhung der Maschinenanlage von 6400 PS$_i$ auf 7800 PS$_i$ möglich ist. Zu diesem Zwecke wird die über den Zylinderdeckeln angebrachte offene Luftansaugeleitung als geschlossener Behälter ausgebildet und vor jede Maschine ein elektrisch angetriebenes Turbogebläse vorgeschaltet, das 14 000 mm³/h ansaugt, Abb. 13.

Der Druck im Aufnehmer wird bei allen Belastungen unverändert gehalten, u. zw. ist 1,8 m W.-S. Überdruck vorgesehen. Die Verdichtungsräume der Arbeitszylinder werden durch Fortnahme von Beilagen an den unteren Pleuelfüßen vergrößert. Hierdurch wird erreicht, daß trotz des höheren Druckes im Zylinder bei Beginn der Verdichtung der Verdichtungs-Enddruck und ebenso der höchste Zünddruck bei der erhöhten Leistung nicht über die bei der normalen Maschine üblichen Werte von 33 bzw. 36 at steigen. Infolgedessen können die Klassifikationsgesellschaften ohne weiteres die für die normale Dieselmaschine bemessene Welle auch für die höhere Maschinenleistung genehmigen. Da das angesaugte Luftgewicht entsprechend der erhöhten Leistung vergrößert ist, bleibt der bei der normalen Maschine übliche Luftüberschuß bestehen, so daß sich die Zylinder- und Auspufftemperaturen in normalen Grenzen halten.

Bereits im Mai 1922 hat die AEG an einer normalen 1550 PS$_i$-Schiffsölmaschine Dauerversuche mit erhöhter Leistung angestellt, um das Zusatzladeverfahren in bezug auf Betriebsicherheit der Auspuffventile und Zylinderdeckel zu prüfen; die Versuchsanordnung ist in Abb. 14 dargestellt. Die

Abb. 12. Schnitt durch die angehängte Einblaseluftpumpe und die Lenzpumpe.

1550 PS$_i$ + 10 % Überlast ohne Zusatzladung: p_i = 6,5 at
2000 PS$_i$ + 10 % Überlast mit Zusatzladung: p_i = 8,35 at
D = 630
H = 960
n = 132

mit Zusatzladung
ohne Zusatzladung

Abb. 15. Vergleichsdiagramme der 2000/1550 PS$_i$-Schiffsmaschine mit und ohne Zusatzladung.

Maschine von 630 mm Dmr. und 960 mm Hub war während des Versuches von 5 × 24 Stunden Dauer bei 132 Uml./min und einem mittleren indizierten Druck von 8,35 kg/cm² mit 2200 PS$_i$ ununterbrochen belastet. Abb. 15 zeigt ein Diagramm mit und ohne Zusatzladung. Der mechanische Wirkungsgrad einschließlich der angehängten Einblaseluftpumpe betrug 73 vH und der Brennstoffverbrauch 142 g/PS$_i$h. Der wärmewirtschaftliche Wirkungsgrad unter Berücksichtigung der Gebläseleistung mit 32 vH entspricht der normalen Maschine ohne Zusatzladung. Vorgenommene Umsteuerversuche zeigten gegenüber der normalen Maschine keine Verschiedenheiten. Angelassen wird bei abgestelltem Gebläse; der verminderte Verdichtungsdruck von 27 bis 28 at genügt vollkommen zur Einleitung der Zündung. Sobald die normale Drehzahl der Ölmaschine erreicht ist, wird das Elektrogebläse eingeschaltet und allmählich belastet.

Die Versuchsergebnisse des Zusatzladeverfahrens waren so günstig, daß sich die Deutsche Werft zusammen mit dem Schiffseigner des Motorschiffes „Tiradentes" entschloß, die Leistung der 2 × 1550 PS$_i$-Maschinenanlage des Schiffes nachträglich auf 2 × 2000 PS$_i$ zu steigern. Diese Maschinen sind seit einem Jahr in Betrieb, Unzuträglichkeiten haben sich nicht ergeben. Die Ausströmventile konnten je nach der Beschaffenheit des verwendeten Treiböls 50 bis 70 Tage ohne besondere Wartung in Betrieb gehalten werden.

Elektromotor

Abb. 13. Schnitt durch das elektrisch angetriebene Gebläse für Zusatzladung.

Abb. 14. Versuchsanordnung der 2000 PS$_i$-Schiffsmaschine mit Zusatzladung.

Abb. 16. Längsschnitt der 100 kW-Dieseldynamo mit vergrößerter Einblaseluftpumpe.

Zwei weitere Einwellen-Motorschiffe „Tampa" und „Tortugas" mit Sechszylindermaschinen und Zusatzladung sind seit September bzw. Oktober 1923 in Dienst. Die Zylinder dieser Maschinen sind genau so gebaut wie diejenigen der vorstehend beschriebenen Achtzylindermaschinen. Die Maschinenleistung beträgt bei 105 Uml./min normal 2850 PS_i. Zurzeit befinden sich bei der AEG für acht Motorschiffe zehn weitere Schiffsölmaschinen mit Zusatzladung und einer Gesamtleistung von 25 000 PS_i für die Deutsche Werft im Bau.

Dieseldynamos.

Für die Lichterzeugung und Kraftversorgung der elektrisch angetriebenen Hilfsmaschinen einschließlich Rudermaschine und Ladewinden sind für jedes Schiff drei 100 kW-Dieseldynamos aufgestellt, Abb. 16. Die drei Arbeitszylinder haben 325 mm Dmr. und 350 mm Hub. Ein getrennter Hilfsverdichter zur Beschaffung der nötigen Preßluft zum Umsteuern der Hauptmaschinen ist nicht vorgesehen; dafür sind die Einblaseluftpumpen der Dieseldynamos vergrößert und für 300 m^3/h theoretisch angesaugte Luftmenge bei 300 Uml./min gebaut.

Im Fall einer Havarie der Einblaseluftpumpe einer Hauptmaschine sind zwei Dieseldynamos imstande, zusammen mit der überschüssig geförderten Preßluft der andern Hauptmaschine den Vollbetrieb beider Hauptmaschinen aufrecht zu halten. Im Normalbetrieb kann durch Zuschalten von entsprechend bemessenen schädlichen Räumen an die erste und dritte Stufe der überbemessenen Luftpumpen der Dieseldynamos der Liefergrad und damit die geförderte Luftmenge nach Bedarf geändert werden. Außerdem ist es möglich, durch Abblasen aus dem Kühler der ersten Stufe die Preßluftförderung zu verringern.

Das Abblasen von Preßluft aus der ersten Stufe verursacht trotz eines reichlich bemessenen Schalldämpfers immer noch so viel Geräusch, daß bei nebligem Wetter von der Kommandobrücke aus das Herannahen eines andern Schiffes schlecht gehört werden kann; man ist daher zum erstbeschriebenen Regelverfahren übergegangen. Für den normalen Seebetrieb ist die erzeugte elektrische Energie einer 100 kW-Hilfsmaschine ausreichend zum Betriebe der Hilfspumpen, der Rudermaschine und der Schiffsbeleuchtung. Beim Löschen der Ladung werden sämtliche drei Hilfsdieselmaschinen in Betrieb gesetzt. [B 888]

Die Untersuchung der Dreharbeit.

Von Dr.-Ing. H. Klopstock, Berlin.

(Schluß von S. 221.)

Alle bisher geschilderten Vorgänge waren an der Oberfläche des Materials beobachtet worden, und da es notwendig erschien, auch etwas über die Verlagerung der inneren Gefügeteile während des Schneidvorganges zu erfahren, wurde eine größere Anzahl von Spänen mikroskopiert[1]). Aus der großen Zahl der Aufnahmen seien an dieser Stelle nur die aufgeführt, die Aufschluß darüber geben, wie die Umlagerung der Perlitkörner innerhalb eines Spanes erfolgt. Die Maschine wurde im Schnitt angehalten und die Stelle des Werkstücks, an der der Span noch hing, untersucht. Ein senkrecht und parallel zur Wellenachse genommener Span wurde an seiner Spanwurzel und im Span untersucht. Abb. 39 zeigt die Wirkung, die die am Material angreifende Stahlschneide — sie befindet sich im Bild auf der linken Seite — auf das Material ausübt. Die in der Ebene senkrecht zur Wellenachse regellos liegenden Perlitkörner heben sich von den im Span gerichteten Perlitfäden ab. Die Grenze bildet die Abscherfläche, die schräg von der Messerschneide links unten nach der höher gelegenen Wellenoberfläche verläuft. Die Zone des Wirkungswinkels ist bereits im Material gekennzeichnet, bevor noch äußerlich etwas wahrnehmbar ist. Abb. 40 zeigt die Stahlangriffstelle, noch stärker vergrößert aufgenommen.

[1]) Vergl. Kurrein: Aufbau der Schnelldrehspäne, Öst. Wochenschr. f. öffentl. Baudienst, Wien 1905, Sonderdruck.

Abb. 39. Abscherzone im Werkstoff, hervorgerufen durch die ins Werkstück eindringende Stahlspitze. Schnitt senkrecht zur Wellenachse.

Abb. 40. Vergrößerte Aufnahme von Abb. 39.

V. Die neue Schneidenform.

Versuche an einer Chromnickelstahlwelle ließen schon bei verhältnismäßig kleinen Spanquerschnitten eine starke Abnutzung der Stahlbrust erkennen. Späne von 1 mm Spantiefe und 4 bis 5 mm Vorschub riefen auf der Stahlbrust eines Seitenstahles die starke Auskolkung nach Abb. 41 vor. Die Abbildung läßt erkennen, daß bei dem Stahl, dessen Schneidkanten noch unversehrt sind, die Auskolkung erst 1,5 bis 2 mm hinter der Schneidkante beginnt. Diese Auskolkungen treten bei größeren Spanquerschnitten noch deutlicher und schneller in die Erscheinung und sind nur in ihrer Lage zu den Schneidkanten etwas verschoben. Die Versuche an einer Welle aus Schmiedeisen ergaben selbst bei größten Spänen nur verhältnismäßig geringe, bei Gußeisen überhaupt keine Auskolkungen. Alle diese Beobachtungen führten schließlich zu einer neuen, durch Patent[2]) geschützten Schneidenform, die in Abb. 42 dargestellt ist. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß längs beider Schneidkanten ein schmaler Brustflächenstreifen läuft, der eine versenkte ebene Brust-

[2]) DRP Nr. 388428, Auslands-Patent.

Abb. 42. Klopstock-Schneide mit versenkter Brustfläche hinter schmalen Brustflächenstreifen.

Abb. 43. Schnittdrücke und Leistungsersparnisse bei verschiedenen Spanquerschnitten t × s.
D_A und D_N Schnittdruck, L_A und L_N Schnittleistung bei der alten und bei der neuen Stahlform.

Abb. 41. Die an der Stahlspitze ausgekolkte Brustfläche eines Seitenstahls.

Versuche mit der Klopstock-Schneide

in Automobilfabriken

Werk	Versuchsergebnisse		Produktionserhöhung vH
Werk A	*Halbautomatendreherei*		
	Grosses Kegelrad ausschruppen		27
	Lamellentrommel schruppen		42,5
	Schwungradscheibe schruppen und fertig drehen		24
	Vorderradnabe ausschruppen		81
	Revolverdreherei		
	Lamellentrommel vordrehen		23
	Lamellentrommel zweite Seite fertig drehen		15
	Achsschenkel aus Rohlingen ausschruppen und fertig drehen		37
	Achsschenkel fertig drehen		17
	Zylinderbuchsen auf Schleifmass fertig drehen		43,5
	Bremstrommelringe schruppen auf Karusseldrehbank		41
	Bremstrommelteller zweite Seite schruppen		37
	Vorderradnabe Kegel schruppen		22
	Radkapselflansch aussen fertig drehen		46
	Bremsbackenträger Kegel ausdrehen		40
	Bremsbackenträger Lagerstellen schruppen und schlichten		42
	Vorderradnabe fertig drehen		50
	Spitzendreherei		
	Kurbelwelle hobeln		31
	Gesamtergebnis. mittlere Produktionserhöhung		37 vH
Werk B	Schruppen einer Welle aus Chromnickelstahl 87-90 kg Festigkeit/mm²	WSch – Vorschub 0,5 mm 495; Klopstock-Schneide Vorschub 0,7 mm 950; Drehlängen in mm; 4,9 fache Lebensdauer der K-Schneide	
	Bearbeiten von Bremsbacken aus Grauguss auf einer Karusseldrehbank	Werkst-Schn 15; Klopstock-Schneide 43; bis zur Abstumpfung überdrehte Stückzahl; ~3 fache Lebensdauer der K-Schneide	
	Schruppen einer Welle 87 kg Festigkeit/mm²	Werkstatt-Schneide 28; Klopstock-Schneide 413; überdrehte Wellenlänge in mm/min; Produktionserhöhung [illegible] 47 vH	
Werk C	Schruppen einer Welle aus Chromnickelstahl 98 kg Festigkeit/mm²	Werkst-Schneide 60; Klopstock-Schneide 960; Drehlängen in mm; 16 fache Lebensdauer der K-Schneide	

RZ 26 Z 44

in Werkzeugmaschinenfabriken

Werk	Versuchsergebnisse	
Werk D	Schruppen einer Welle von 55 kg Festigkeit/mm²	W-Sch 130 Stahl stumpf; Klopstock-Schneide 1000 Stahl noch nicht stumpf; Drehlängen in mm; über 7,5 fache Lebensdauer der K-Schneide
		Werkstatt-Schneide 18; Klopstock-Schneide 14; Nettokraftverbrauch in A; Kraftersparnis mit der K-Schneide 22 vH
	Schruppen einer Drehbankspindel	Werkstatt-Schneide 7 mal nachgeschliffen; Klopstock-Schneide 1 mal nachgeschliffen; 7 fache Lebensdauer der K-Schneide
Werk E	Schruppen von Lokomotivtreibzapfen aus Tiegel-Stahl 65-70 kg Festigkeit/mm²	W-Schn 15; Klopstock-Schneide 7[illegible]; Spangewicht in kg; Nach 4,5 facher Spanleistung der K-Schneide ist dieselbe noch schneidfähig
Werk F	Schruppen einer Welle	Werkst-Schn 83; Klopstock-Schneide 225; Drehlängen in mm; 2,7 fache Lebensdauer der K-Schneide
Werk G	Schruppen einer Drehbankspindel	Werkst-Schn 730 Stahl stumpf; Klopstock-Schneide 2485 Stahl nicht stumpf; Drehlängen in mm; über 3,4 fache Lebensdauer der K-Schneide
	Schruppen von Radsätzen	Werkstatt-Schneide 17; Klopstock-Schn 14; Nettokraftverbrauch in A; Kraftersparnis mit der K-Schneide 17,6 vH

Abb. 44.

fläche einschließt. Durch diese Form wird der Spandruck vermindert und die damit in Zusammenhang stehende beträchtliche Stauchung der Spanelemente vermieden, ohne die Schneidkanten zu schwächen. Durch den längs der Schneidkanten verlaufenden schmalen Streifen erhält die Schneide große Widerstandsfähigkeit und gewährleistet infolge des längs beider Schneiden vorhandenen gleich großen Wärmefließquerschnittes — insbesondere auch an der Stahlschneidenspitze im Gegensatz zu den normalen Hohlkehlenschneiden — gute Wärmeabfuhr.

Bei Versuchen mit ungewöhnlichen Spanquerschnitten an Chromnickelstahl wurden Karftersparnisse von rd.

Versuche mit der Klopstock-Schneide
Versuchsergebnisse aus Maschinenfabriken

Werk	Die Versuchsergebnisse	
Werk H	Abstumpfungs-Versuch a) Überdrehen von Kolbenstangen 4,4 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 – 5 gelieferte Stückzahl – 22
Werk J	Abstumpfungs-Versuch b) Überdrehen einer Welle Bei 3 facher Lebensdauer des Klopstock-Stahls gleichzeitig Verkürzung der Schnittzeit um 27 vH	Festigkeit 65 kg/mm²; Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 – 3 gelieferte Stückzahl – 1
	Abstumpfungs- und Leistungs-Versuch Arbeitsstück wie vorstehend Ebenfalls 3 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls bei gleichzeitiger Verkürzung der Schnittzeit um 28,7 vH	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 – 3 gelieferte Stückzahl – 1
Werk K	Kombinierter Leistungs- und Abstumpfungs-Versuch Festigkeit 75 kg/mm² 3 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls bei 22 vH Leistungsersparnis	gleichzeitig: Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 – 260 Drehlängen in mm – 780; Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 kW – 7,4 – 9,5
	Abstumpfungs-Versuch I Über 5 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 – 45 Drehlängen in mm – 240
	Abstumpfungs-Versuch II Klopstock-Stahl nach fast 11 facher Lebensdauer noch nicht stumpf	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 – 100 Drehlängen in mm – 1080
Werk L	Leistungsversuch an einer Hobelmaschine Der Klopstock-Stahl erzielt eine Leistungsersparnis von 26 vH	Es sind die Stromstärken für reine Schneidarbeit aufgetragen; Klopstock-Schneide; Werkstatt-Schneide; 0 – A – 28 – 38
	Abstumpfungs-Versuch I Mehr als 4 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 – 4 gelieferte Stückzahl – 1
	Abstumpfungs-Versuch II Bearbeiten einer Exzenterwelle Materialfestigkeit rd 60-70 kg/mm² Bei 6,7 facher Lebensdauer des Klopstock-Stahls eine bedeutend sauberere Oberfläche des Werkstückes	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 – 120 Drehlängen in mm – 800
Werk M	Abstumpfungs-Versuch Materialfestigkeit rd 60-65 kg/mm² Überdrehen einer Welle Im Mittel ca 9,5 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls	Werkstatt-Schn (geil geschliffen); Werkstatt-Schn (weniger geil); Klopstock-Schneide; 0 – 94 – 300 Drehlängen in mm – 1355
Werk N	Abstumpfungs-Versuch Überdrehen einer Welle Der Stahl mit Klopstock-Schneide zeigte gegenüber der Werkstatt-Schneide eine 37 fache und der Siemens-Schuckert Schneide gegenüber eine 4,9 fache Überlegenheit in der Lebensdauer	Materialfestigkeit 60 kg/mm²; Werkstatt-Schneide; Stahl mit Siemens-Schuckert-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 – 30 – 225 Drehlängen in mm – 1115

RZ 26 Z 45

Abb. 45.

Versuchsergebnisse aus Eisenbahnwerkstätten

Übliche Werkstatt-Stähle und Klopstock-Stähle arbeiteten unter gleichen Bedingungen!

Spantiefen, Vorschube und Geschwindigkeiten lagen erheblich über den in den Werkstätten üblichen Werten!

Ort des Versuches	Die Versuchsergebnisse	
Werk O	Die Abstumpfungsversuche ergaben a) für Radachsen 5 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls und gleichzeitige Produktionsförderung von 10 v H	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 490 Drehlängen in mm → 2200
	b) für Tender-Radsätze 6 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 1,5 gelieferte Stückzahl → 9
	c) für kl. Lokomotiv-Radsätze 6 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls oder Produktionsförderung von 50 v H	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 0,3 gelieferte Stückzahl → 2
Werk P	Die Abstumpfungsversuche ergaben a) für Wagenachswellen über 7 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls	Werkstatt-Stahl; Klopstock-Schneide; 0 490 Drehlängen in mm → 3385
	b) Herunterdrehen von Wagenrad-Bandagen 4,4 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 235 Drehlängen in mm → 1045
	c) Radreifen ausbohren 2 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 205 396 Drehlängen in mm →
	d) Lokomotiv-Radsätze über 4 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 ½ gelieferte Stückzahl → 2
Werk Q	Die Abstumpfungsversuche ergaben für Waggon-Radsätze 3-4 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 2 Stückzahl → rd 6
Werk R	I. Der Abstumpfungsversuch ergab für Radsätze rd 3 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 5⅓ Stückzahl → 16
	II. Der Leistungsversuch 1) Versuch mit einem Stahl 33⅓ v H Leistungsersparnis des Klopstock-Stahls	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 A → 4 6
	2) Versuch mit zwei Stählen rd 27 v H Leistungsersparnis des Klopstock-Stahls Ergebnis Der Klopstock-Stahl erzielt im Mittel 30 v. H. Leistungsersparnis	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 A → 11 15 Es sind die Verbrauchsstromstärken für reine Schneidarbeit aufgetragen
Werk S	Kombinierter Abstumpfungs- und Leistungs-Versuch Überdrehen einer Flußstahl-Achse 3,25 fache Lebensdauer des Klopstock-Stahls bei 25 v H Leistungsersparnis	Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 100 Drehlängen in mm → 325 Werkstatt-Schneide; Klopstock-Schneide; 0 A → 15 20 Verbrauchsstromstärken für reine Schneidarbeit (gleichzeitig)

RZ 26 Z 46

Abb. 46.

26 vH, bei Schmiedeisen von 14 vH erzielt. Je zäher der Werkstoff und je höher seine Festigkeit ist, um so größer ist auch die Kraftersparnis der neuen Schneidenform. Allerdings zeigt sich auch, daß bei demselben Werkstoff die Ersparnisse sehr verschieden ausfallen können. Dies hängt von dem Verhältnis t/s ab. In Abb. 43 sind die Schnittdrücke und Leistungsersparnisse bei Verwendung der alten und der neuen Schneide im Verhältnis zu verschiedenen Spanquerschnitten aufgetragen. Beim Spanquerschnitt (3×7) mm² ist z. B. die Ersparnis am ge-

Versuche mit der Klopstock-Schneide
Versuchsergebnisse bei Hüttenwerken

Werk	Versuchsergebnisse	
Werk T, Räderwerkstatt	Achsschenkel von Radsatzachsen, Schruppen auf einer Achsschenkeldrehbank.	Werkstatt-Schneide 81; Klopstock-Schneide 123,9; verspante Menge in cm³/min bei doppelter Lebensdauer der K-Schneide
	Schruppen von Radsatzachsen auf einer Achsmittelbank Bei Steigerung des normalen Vorschubs um 80 vH mit Klopstock-Schneide noch schlagfreies Abdrehen.	W Schn. 2,77; Klopstock-Schneide 8,78; verspante Menge in cm³/min bei dreifacher Lebensdauer der K-Schneide
	Schruppen von Radscheiben auf Karusseldrehbänken.	a) Werkstatt-Schneide 43,7; Klopstock Schneide 64,7; verspante Menge in cm³/min bei 1,56 facher Lebensdauer der K-Schneide b) Werkstatt-Schneide 43,7; Klopstock-Schneide (runde Schneide) 79,5; verspante Menge in cm³/min bei 2,2 facher Lebensdauer der K-Schneide
	Abdrehen der Laufflächen und Spurkränze von Radsätzen mit Pilzstählen	W. Schn. 1,22; Klopstock-Schneide 4; Stückzahl pro Stahl; 3,5 fache Lebensdauer bei gleicher Schnittgeschw. und gleichem Vorschub
	Gesamtergebnis aus d. Räderwerkstatt:	Produktionserhöhung 30 v H
Mechanische Werkstatt I	Bearbeiten von Rädern für Bergwerkshunde aus Stahlguß a) Abstechen	W. Schn. 10,3; Klopstock-Schneide 42; Stückzahl pro Stahl; vierfache Lebensdauer
	b) Ausbohren	Werkst. Schn. 9; Klopstock-Schneide 24; Stückzahl pro Stahl; 2,7 fache Lebensdauer bei gleicher Schnittgeschw. und gleichem Vorschub
Mechanische Werkstatt II	Schruppen einer Welle von 3900 Kg Gew. und 3,068 m Länge	Werkstatt Schneide 100; Klopstock-Schneide 150; Stückzahl pro Zeiteinheit; Produktionserhöhung 50 v H
Werk U	Schruppen einer Welle	Werkstatt-Schneide 100; Klopstock-Schneide 150; Stückzahl pro Zeiteinheit; Produktionserhöhung 50 v H
	Plandrehen an einer Welle	Werkstatt-Schneide 100; Klopstock-Schneide 120; Stückzahl pro Zeiteinheit; Produktionserhöhung 20 v H
	Schruppen von Radscheiben aus Schmiedeisen 40-45 kg/mm² Festigkeit auf einer Karusseldrehbank	Werkstatt-Schneide 100; Klopstock-Schneide 120; Stückzahl pro Zeiteinheit; Produktionserhöhung 20 v H
	Ausbohren (Schruppen) von Bandagen auf einer Karusseldrehbank	Werkstatt-Schneide 100; Klopstock-Schneide 122,4; Stückzahl pro Zeiteinheit; Produktionserhöhung 22,4 v H
	Achsschenkel von Radsatzachsen, Schruppen auf einer Achsschenkeldrehbank.	Werkstatt-Schneide 100; Klopstock-Schneide 122,6; Stückzahl pro Zeiteinheit; Produktionserhöhung 22,6 v H
	Schruppen von Radsatzachsen auf einer Achsmittelbank.	Werkstatt-Schneide 100; Klopstock-Schneide 118,8; Stückzahl pro Zeiteinheit; Produktionserhöhung 18,8 v H
	Gesamtergebnis:	Produktionserhöhung 25,6 vH
Werk V	Schruppen von Flanschringen aus Schmiedeisen 37-41 kg/mm² Festigkeit	Werkstatt-Schneide 100; Klopstock-Schneide 133,3; Stückzahl pro Zeiteinheit; Produktionserhöhung 33⅓ v H
	Schruppen einer Kurbelwelle aus S. M. Flußstahl 70 kg/mm² Festigkeit	W. Schn. 100 stumpf; Klopstock-Schneide 340 Stahl noch nicht stumpf; Drehlängen in mm; über 3,4 fache Lebensdauer

RZ 26 Z 47

Abb. 47.

ringsten. Er bewirkt nämlich, daß das Material von beiden Seiten über die Schneidkante strömt und beim Abfließen über die Stahlbrust eine beträchtliche Zusammenstauchung erfährt. Beim Span 7 × 3 ist die Ablaufrichtung schon wesentlich günstiger, weil der Span zum größten Teil über die vordere Schneidkante läuft. Noch deutlicher zeigt sich dies bei den andern Spanformen. Praktische Erfahrungen haben gelehrt, daß für die neue Schneide das Verhältnis von t/s zweckmäßig den Wert 2 nicht unterschreiten soll. Von Beginn an zeigte sich, daß die Anlauffarbe der mit der neuen Form geschnittenen Späne bedeutend geringer, demzufolge die beim Schneidvorgang entwickelte Wärme bedeutend niedriger ist, obschon der kleinere Spanquerschnitt nur geringere Wärmeabfuhr gestattet. Der Unterschied der Temperaturen beträgt bis zu 100°. Eine größere Anzahl von Abstumpfungsversuchen wurde nunmehr durchgeführt, um die Lebensdauer der neuen Stahlform zu prüfen. Da die Schneidenform nach Abb. 10 auf Grund der Versuche zur Bestimmung der Schnittkräfte die widerstandsfähigste ist, wurden die Abstumpfungsversuche dieser Form in Vergleich zur neuen Schneide gesetzt. Es ergab sich im Mittel eine dreifache Lebensdauer der neuen Schneide im Vergleich zur bisherigen Stahlform. Spätere Versuche in praktischen Betrieben, Abb. 44 bis 47, zeigten eine im Mittel fünffache Lebensdauer der neuen Schneide gegenüber den Werksattschneiden. Die genügende Wärmeableitung und der gute Spanablauf erhalten die Schneide bis zum Schluß in guter Verfassung und die Oberfläsche sauber und glatt.

Die Herstellung der Schneide ist nicht schwieriger und kostspieliger als die der üblichen Werkstattschneiden. Die äußere Form der Stähle, und zwar mit der versenkten Brustfläche, wird im Gesenk vorgeschmiedet oder gegossen. Es ist dann nur noch nötig, den erhabenen schmalen Streifen auf der Stahlbrust und die beiden Rückenflächen des Stahles leicht nachzuschleifen. Die Schneide kann im Betriebe bei normaler Abstumpfung vom Dreher selbst etwa viermal nachgeschliffen werden. Sodann geht der Stahl in die Werkzeugausgabe zurück, wo er nachgedrückt und frisch gehärtet oder auch nachgeschliffen wird. Zu diesem Nachschleifen dient eine kleine Schleifscheibe und eine einfache Vorrichtung auf einer Universalschleifmaschine.

Abb. 44 bis 47 zeigen die Versuchsergebnisse in einer großen Anzahl von Werken. Besonders erwähnenswert ist, daß in den angegebenen Zahlenwerten und Schaubildern die Auf- und Abspannzeiten der Stücke eingerechnet und Dauerleistungen zugrunde gelegt sind. Die Überlegenheit der Klopstock-Schneide ist, bezogen auf die reinen Schnittzeiten, erheblich höher, man erreicht also die höchsten Leistungssteigerungen dort, wo die Nebenzeiten gegenüber den Schnittzeiten am kleinsten sind. Im Mittel konnte die Produktion der Werke bei Benutzung der neuen Schneide um 30 bis 40 vH gesteigert werden. [B 26]

Schnellaufende Motorschiffe.

Vergleicht man die Geschwindigkeit der Motorschiffe mit der von Dampfern gleicher Größe, so fällt folgendes auf: Bei Motorschiffen für den Frachtverkehr hat man die bei Dampfern übliche Geschwindigkeit überschritten und steigert sie noch weiter. So hat heute die Deutsche Werft, Hamburg, einen Auftrag auf zwei Motorschiffe für den Linienfrachtverkehr nach Ostasien erhalten, die 14½ bis 15 Kn Geschwindigkeit haben sollen.

Bei Motorschiffen für den Fahrgastverkehr hat man die bei Schnelldampfern üblichen Geschwindigkeiten noch bei weitem nicht erreicht und sucht heute nach Wegen, wie man die erforderlichen großen Maschinenleistungen unterbringen kann.

Zwei Wege sind möglich, der erste besteht in der Vermehrung der Zylinderzahl und der zweite in der Erhöhung der Zylinderleistung. Dieser Weg ist der schwerere, trotzdem hat man ihn schon vor dem Krieg in Deutschland beschritten, um das ideale, durch Schornsteine beim Feuern nicht behinderte Schlachtschiff zu schaffen. In Z. Bd. 68 (1924) S. 1171 u. f. hat Marineoberbaurat Laudahn über diese schwierigen Versuche berichtet, die nach dem schließlichen Erfolg auf den Gewaltspruch des Feindbundes hin abgebrochen werden mußten.

Die Vergrößerung der Zylinderzahl ist demgegenüber der einfachere Weg, allerdings entstehen auch hierbei mancherlei Schwierigkeiten: Da das Gewicht für die Pferdestärke bei langsamlaufenden Dieselmotoren reichlich hoch ausfällt, hat man leichte, schnellaufende Maschinen zu verwenden. Diese Maschinen müssen ihre Leistung entweder an wenige große langsamlaufende oder eine größere Zahl kleiner schnellaufender Schrauben abgeben. Im ersten Fall ist ein Übersetzungsgetriebe erforderlich, im zweiten eine verhältnismäßig große Anzahl von Wellen.

Die Wellen erfordern mit ihren Austritten und Böcken eine schwierige und teure Konstruktion am Heck des Schiffes, die obendrein den Nachteil hat, daß die Anhänge den Stromlinienverlauf behindern.

Man hat in der deutschen Marine Kleine Kreuzer mit zwei, drei und vier Wellen ausgerüstet und ist schließlich bei zwei Wellen geblieben, ein Zeichen dafür, daß das Vierwellensystem trotz seiner theoretischen Vorzüge, die sich aus der verhältnismäßig geringen Belastung der Schrauben bei verhältnismäßig hohen Umlaufzahlen ergeben, praktisch einen Notbehelf darstellt.

Bei dem heute schnellsten und größten englischen Fahrgastmotorschiff „Aorangi", das 10 Kn weniger läuft als Kleine Kreuzer zu Anfang des Weltkrieges, hat man das Vierwellensystem angewandt, das für solch ein Schiff vielleicht die einzige Ausführung bleiben wird. Die Reederei hat den sicheren Weg gewählt, ohne einen Schritt vorwärts zu tun.

Die Maschinen sind von erprobter und bewährter Bauart. Die Umlaufzahl der Schrauben ist mit 127 Uml./min beträchtlich höher als bei Dampfschiffen gleicher Größe.

Die weiteren in England in Bau befindlichen großen Fahrgastmotorschiffe von rd. 18 Kn Geschwindigkeit und 16 000 PS Leistung wie „Gripsholm", werden mit zwei Schrauben ausgerüstet. „Gripsholm" erhält doppeltwirkende Viertaktmotoren, die hiermit zum ersten Mal auf See erprobt werden.

In Deutschland, dem Mutterland der Dieselmaschine, sieht man demgegenüber im schnellaufenden Dieselmotor mit Übersetzungsgetriebe eine Möglichkeit, selbst die größten Leistungen in einem Schiff unterzubringen. Die Bauart der Vulcan-Werke sieht ein hydraulisches Getriebe vor und ist bei einem Versuchsschiff erprobt worden[1]). Die hierbei gewonnenen Erfahrungen haben zu dem Erfolg geführt, daß zur Zeit sechs Anlagen mit Vulcangetrieben in Auftrag gegeben sind.

Rädergetriebe hat die Werft von Blohm & Voß, Hamburg, auf den Schiffen „Havelland", Münsterland", „Vogtland" und „Monte Sarmiento" eingebaut[2]). Das letztgenannte Schiff hat vier Motoren, die bei 215 Uml./min rd. 7000 Wellen-PS leisten. Die Umlaufzahl der Schraubenwelle beträgt 77 Uml./min.

Ob schließlich der doppeltwirkende Zweitaktmotor oder das hydraulische Übersetzungsgetriebe das Hauptkennzeichen des kommenden Fahrgastmotorschiffes sein wird, darüber sind die Meinungen in Deutschland geteilt.

Nennenswert an dieser Stelle sind auch die beiden rd. 125 m langen schönen Schiffe „Rio Bravo" und „Rio Panuco" der Flensburger Dampfer-Comp., die für 88 Fahrgäste 1. Klasse und 5400 t Tragfähigkeit eingerichtet sind. Sie haben zwei sechszylindrige einfachwirkende Viertakt-Dieselmaschinen von zusammen 2800 PS_e Leistung bei 125 Uml./min erhalten. Die Geschwindigkeit dieser Schiffe beträgt rd. 13 Kn. [N 130]

Bergen von Schiffen mit Hilfe des Unterwasserschneidverfahrens.

In „Werft-Reederei-Hafen" Bd. 6 (1925) S. 1 weist Dipl.-Ing. Brusch auf die große Bedeutung des autogenen Unterwasserschneidverfahrens für die Bergung von Schiffen und Schiffsteilen hin. Man ist dadurch in den Stand gesetzt, hervorspringende Teile an einem Leck abzutrennen und die Dichtung durch Holzbalken zu ermöglichen. Er beschreibt die Bergung des am 15. Juni 1922 im Kaiser-Wilhelm-Kanal gesunkenen schwedischen Dampfers „Skandia" sowie die des Doppelbodenreststückes des „Kaiser Friedrich III.", das beim Abwracken infolge eines schweren Sturmes gesunken war.

In diesem Falle war ein Zerlegen erforderlich, wobei zunächst die Doppelbodendecke zwischen zwei Spanten zweimal quer und sodann verschiedentlich in Längsrichtung zerschnitten wurde. Hiernach konnte man die Längsträger und die Außenhaut zerlegen. Die Arbeiten ergaben, daß man ungefähr 0,034 m^3 Wasserstoff und 0,045 m^3 Sauerstoff für 1 cm^2 Schnittfläche nötig hat. In der Stunde wurden je nach der Zugänglichkeit 112 bis 125 cm^2 Schnittfläche geschnitten. [N 138]

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 763, 1082, 1277.
[2]) Z. Bd. 66 (1922) S. 13.

Die Sondermaschine.

Von Dir. K. Jung, Berlin.

(Schluß von S. 260.)

Weitere Beispiele für die Anwendung von Sondermaschinen.

Der Vielfachschnitt, vereinigt mit revolverkopfartiger Schwenkung des aufgespannten Werkstücks, ist ein wirksames Mittel zum Abkürzen der Arbeitszeit. So wird das Exzenterstück nach Abb. 34 bis 38 auf der Maschine nach Abb. 39 und 40 im achten Teil der bisherigen Zeit fertig bearbeitet. Im Aufbau ist die Maschine der nach Abb. 29 ähnlich. Da das Werkstück aus Temperguß besteht, ist für starke Zufuhr von Kühlmitteln gesorgt. Auch zum Bohren der sechs Löcher in den Tritthebel, Abb. 41 und 42, dient eine einfache Maschine, Abb. 43, die man für mehrere Größen von Hebeln verwenden kann und die zugleich die Bohrungen aussenkt. Wollte man ein so sperriges Werkstück auf einer üblichen Maschine im Bohrkasten bohren, dann wäre dieser schwer und unhandlich. Während hier die ganze Arbeit kaum ½ min dauert, würde das umständliche Handhaben an der Bohrmaschine schon ein Mehrfaches dieser Zeit erfordern.

Durch Bearbeitung auf der Sondermaschine soll man nicht nur Zeit gewinnen, sondern auch einbaufertige Stücke erhalten. Zu diesem Zweck genügt es mitunter schon, eine Sondereinrichtung an eine gewöhnliche Maschine anzubauen. Um z. B. Nuten nach Abb. 44 bis 46 genau maßhaltig herzustellen, braucht man vier Fräsungen, eine wagerechte und drei senkrechte. Werden diese Arbeiten mittels einer einzigen Vorrichtung, Abb. 47, ausgeführt, so erzielt man die vierfache Leistung in einer gegebenen Zeit. Die drei senkrechten Fräser sind in Exzenterbüchsen gelagert, so daß man sie gegeneinander verstellen kann. Andre Fälle der Anwendung dieser Vorrichtung sind in Abb. 48 bis 54 dargestellt. Selbst ein ungelernter Arbeiter kann drei bis vier solcher Maschinen bedienen. Dasselbe gilt von der Langlochfräsmaschine, Abb. 55, die beim Fräsen von Massenteilen vielseitig verwendbar ist und zu gleicher Zeit drei Langlöcher in gleiche Teile einschneidet. Die Lager in den Spindelkästen sind besonders sorgfältig hergestellt. Die Frässpindel ist vom Riemenzug entlastet. Die Spindeln laufen mit 2000 bis 3000 Uml./min.

RZ 115 Z 34–36

RZ 115 Z 37 u 38

Abb. 34 bis **38**. Bearbeitung des Exzenterstücks von Nähmaschinen auf der Sondermaschine, Abb. 39 und 40.

RZ 115 Z 39–40

Abb. 39 und **40**. Sondermaschine zur Bearbeitung des Exzenterstücks, Abb. 34 bis 38.

Abb. 41 und 42. Bohren des Tritthebels auf der Maschine, Abb. 43.

Abb. 44 bis 46 und 48 bis 54. Nutenfräsungen auf der Maschine, Abb. 47.

Abb. 48 bis 50. Untere Kurbel des Stichstellerführers.

Abb. 53 und 54. Führungsbolzen des Stichstellerführers.

Leichten Hobelschnitten angepaßt ist die Nadelstangen-Hobelmaschine, Abb. 56, die eine Nut von bestimmtem Querschnitt zur Aufnahme der Nähnadel in zwei Nadelstangen zugleich einhobelt. Die Spanzustellung erfolgt durch Heben der Werkstückaufnahme. Die Maschine macht minutlich 200 Hübe und liefert in zwei Tagen den gesamten Wochenbedarf.

Auf dem Gebiet des Schleifens besteht zumeist die Aufgabe darin, die Arbeit in engen Grenzen genau herzustellen. Die Schleifarbeit wird teuer, wenn sie von gelernten Schleifern geliefert wird, die außer der Arbeitszeit noch Zeit für das Messen verbrauchen. Bei Massenteilen werden gelernte Kräfte sehr kostspielig. Um die Schleifkosten zu verringern, muß man daher Maschinen verwenden, deren Aufbau schon die Genauigkeit verbürgt. Auf dieser Erkenntnis beruhen alle hier abgebildeten Sonderschleifmaschinen.

Bei der Rillenschleifmaschine, Abb. 57, für Innenringe von Kugellagern wird das Werkstück über eine genau einstellbare Strecke an das Werkstück herangeführt. Beim Schleifen der Innenrille, Abb. 58, stellt sich der Schleifsupport zu. Der Spindelkasten für das Werkstück ist um eine senkrechte Achse schwenkbar, damit man trotz der kleinen Schleifscheibe die kreisrunde Rille erreicht.

Eine ausgesprochen für den Schliff von Massenteilen bestimmte Maschine ist in Abb. 59 wiedergegeben. Die im Aufbau neuartige Maschine dient zum Schleifen von kleinen gehärteten Rollen, die auf den Zapfen genau rund laufen sollen, von Buchsen, Schraubenbolzen, abgesetzten Stiften

Abb. 43. Sechsfach-Bohrspindel für den Tritthebel.

Abb. 47. Dreispindel-Fräsvorrichtung für Nuten, eingestellt für den Teil in Abb. 44 bis 46.

Abb. 44 bis **46.** Teil des Stichstellerführers.

Abb. 51 und **52.** Teil des Stichstellerführers.

Abb. 57. Rillenschleifmaschine für Kugellager-Innenringe, Bedienungsseite.

und ähnlichen Stücken und arbeitet ohne Zeitverlust für das Aufspannen. Sie hat zwei Arbeitspindeln in einem um die wagerechte Achse drehbaren Revolverkopf. Dieser Revolverkopf dreht sich schnell, bis die Schleifscheibe nahezu das Werkstück erfaßt, und von da ab langsam während der ganzen Dauer des Schleifens. Die letzte Stufe ist die Zustellung an die Schleifscheibe, die sich sehr günstig gestaltet, weil der abzuschleifende Span um so dünner wird, je weiter der Schleifvorgang fortschreitet. Die Schleifscheibe hat einen besonders großen Durchmesser, damit die Abnutzung klein bleibt. Der Revolverkopf sitzt auf einem Schlitten, der dem Werkstück gestattet, sich am Schleifrad hin und her zu bewegen.

Um Herzkurven, Abb. 60 u. 61, austauschbar herzustellen, wird bei der Schleifmaschine, Abb. 62, die Werkstückspindel, die um eine wagerechte Achse schwenkbar ist, nach einer aufgesetzten Leitkurve an eine feste Rolle gedrückt. Zum Schleifen dient eine Topfscheibe, damit sich bei der Abnutzung die Kurvenform des Werkstücks nicht ändert. Die zugehörigen Rachen, Abb. 63 und 64, schleift man erst an einer Rachenwand, dann an der zweiten fertig. Dabei bewegt sich das Werkstück in Richtung senkrecht zur Schleifspindelachse hin und her. Nachdem beide Wände fertig bearbeitet sind, stellt sich der Rachen in die Mitte ein, die Maschine rückt sich selbst aus und das fertige Stück kann abgenommen werden.

Wann ist die Verwendung der Sondermaschine angebracht?

Es ist mir aus meiner langen Praxis bekannt, daß zwischen dem Fabrikationstechniker und dem kaufmännischen Leiter oft genug wenig Einverständnis über die Beschaffung der Einrichtung besteht, und wenn man aufmerksam durch die Industrie geht, so merkt man ja auch allenthalben die Auswirkung dieses gegenseitigen Mißverständnisses. Eine bekannte Entgegnung bei der Entscheidung, ob Normal- oder Sondermaschine ist immer folgende: „Was mache ich mit der Maschine, wenn sich das Werkstück ändert?" Darauf möchte ich erwidern: das Teil darf nicht mehr geändert werden, wenn es zur Fabrikation kommt, d. h. ein etwas eingehenderes Versuchsstadium muß durchgehalten werden, und im weiteren Verfolg dieses Gedankens komme ich erneut zu einem Vorwurf gegen die kaufmännischen Anschauungen; daß die zu fa-

Abb. 55. Dreispindlige Langlochfräsmaschine für Massenteile.

Abb. 56. Nadelstangen-Hobelmaschine.

Abb. 58. Rillenschleifmaschine für Kugellager-Außenringe, Bedienungsseite.

Abb. 62. Exzenterschleifmaschine für Herzkurven.

brizierenden Gegenstände unvollkommen in den Vertrieb gelangen, ist in den meisten Fällen ein Fehler, der auf kaufmännische Eigenarten zurückzuführen ist. Der Techniker wird gedrängt, es wird ihm keine Ruhe gelassen, er wird so lange gequält, bis er eines Tages umfällt und sich entschließt, den Artikel zum Gebrauch freizugeben und dann kommt naturgemäß sehr schnell der Mißerfolg hinterher.

Daß die fortgesetzten Änderungen die Fertigung in einer unberechenbaren Weise stören, aufhalten und verteuern, ist selbstverständlich und meiner Ansicht nach sollte es jedem Techniker klar sein, daß er sich, wie schon oben ausgeführt, nicht mehr auf Änderungen einläßt, wenn der Artikel als brauchbar bezeichnet worden ist. An dem Nichtfertigwerden sind schon einige Unternehmen schwach geworden bzw. ist schon mancher gute Gedanken einfach wieder in die Versenkung gefallen, weil die erwarteten Erfolge wegen zu hastiger Inbetriebsetzung der Fabrikation

Abb. 59. Rundschleifmaschine mit Revolverkopf für kleine Rollen.

zu Anfang ausgeblieben waren und damit naturgemäß das Vertrauen von Seiten der kapitalgebenden Kreise vollständig schwand.

Es ist nicht zu übersehen, daß durch das Einsetzen richtiger Werkzeuge, wozu ja auch die Sondermaschine gehört, auch die persönlichen Reibungen aus einem Betrieb zum größten Teil verschwinden, die, wie wir Fabrikationstechniker ja wohl alle wissen, enorme Gelder verschlingen: diese gehen dann für rein produktive Zwecke verloren.

Die Lohnfrage in der Bearbeitung zufriedenstellend für den Arbeitnehmer zu gestalten bzw. die ausgegebenen Löhne ertragreich zu machen, ist eine Angelegenheit richtiger Fabrikationsmittel. Die großen Leistungen Amerikas sind meines Erachtens zu einem guten Teil darauf zurückzuführen, daß die Werkstatteinrichtungen den darin arbeitenden Menschen ihre Arbeit in jeder Beziehung angenehm gestalten und daß es dadurch auch möglich wird, Arbeitsfreude im Betriebe zu schaffen. Die Sondermaschine kann wesentlich dazu beitragen, bei höheren Löhnen billige Verkaufspreise zu schaffen und damit der gesamten Wirtschaft insofern nützen.

Bei der Benutzung von Sondermaschinen ergeben sich außer der unmittelbaren Lohnersparnis naturgemäß noch eine Reihe andrer großer Vorteile, die ich hier auch andeuten möchte. Die Beschaffung des Vorrats an Rohmaterial kann bei richtiger Besetzung des Betriebes mit Sondermaschinen auf ein geringes Maß gedrückt werden, in gleicher Weise wie die Zeit für die Bearbeitung. Je kürzer die Zeit von der Anlieferung des Rohmaterials bis zur verkäuflichen Fertigware, um so geringerer Kapitalbedarf ist notwendig. Das Kapital liegt nicht falscherweise in Vorräten fest oder in Stapeln, die sich sonst zwischen den Arbeitsgängen bilden müssen. Der Betrieb kommt in die Lage mit eigenem Kapital mehr umzusetzen und infolgedessen durch die Ersparnis von Zinsen sich innerlich ständig zu verbessern und zu erneuern, was naturgemäß der Fabrikation zugute kommt und fördernd für die Gesamtanlage wirkt. Weitere größere Ersparnisse ergeben sich durch den geringen Transport. Besonders die Transportunkosten nach den sogenannten Zentralrevisionen können durch richtiges Aneinanderreihen von Sondermaschinen vermieden werden; die Revision wird als Arbeitsgang zwischen den Maschinen eingeschaltet und an Ort und Stelle, d. h. an der Maschine selbst, ausgeübt. Kostspielige Transportwege fallen somit weg. Daß die Genauigkeit der Bearbeitung in die Sondermaschine hineingelegt ist, erleichtert nicht nur die Prüfung, sondern beseitigt beinahe ganz den Ausschuß.

Eine andre Beobachtung habe ich seit einigen Jahren an mir zugänglichen Sondermaschinen gemacht. Eine große Werkzeugersparnis hat sich ergeben, weil die Werkzeuge unter gleichmäßigen Bedingungen an ihre Arbeit und das Werkstück herangeführt werden, und weil jedes Werkzeug nach einer bestimmt gestellten Forderung durchgebildet sein und damit am haltbarsten gestaltet werden kann. Sehr

Abb. 60 und 61. Unterer Exzenter mit Herzkurve. Abb. 63 und 64. Rachen zur Herzkurve.

viel Werkzeug wird normalerweise verbraucht in der Fabrikation durch ungleichmäßige, nicht angemessene Beanspruchung, durch Unvorsichtigkeit der Bedienung. Auf der einen Seite findet sich die meist übliche Fabrikationsmethode mit Normalmaschinen, die zum großen Teil von Hand bedient werden, bzw. die zum großen Teil von der Sorgfalt des bedienenden Arbeiters abhängig sind, und auf der andern Seite der geringere Werkzeugverbrauch der Sondermaschine mit festgelegten starren Gesetzen für die Arbeitsleistung.

Alle diese für die Benutzung von Sondermaschinen ins Feld geführten Punkte bei der Entscheidung: ob Sondermaschinen oder nicht, sind eine Angelegenheit des Fabrikationstechnikers. Er muß unter allen Umständen in der Lage sein, seinem kaufmännischen Mitarbeiter gegenüber den Nachweis für die Rentabilität einer wenn auch teuren Sondermaschine zu führen. Dabei ist nicht zu vergessen, daß dem Preis einer Sondermaschine der Preis einer ganzen Reihe normaler Werkzeugmaschinen, die eine gleichwertige Leistung ergeben sollen, gegenüberzustellen ist. Für die Rentabilität einer Sondermaschine spielt die Konstruktion naturgemäß eine sehr große Rolle: es muß bis zum äußersten untersucht werden, welche Arbeitsgänge sich in einer Maschine zusammenfassen lassen, ohne daß die Konstruktion der Maschine zu verwickelt und die Bedienung der Maschine zu unhandlich wird. Bei der Zusammenfassung der Arbeitsgänge muß sich der Konstrukteur über die Fabrikationsunkosten bei Normalmaschinen klar sein, um daran festzustellen, ob sich eine, ich möchte sagen: verwegene Konstruktion, lohnt oder nicht. Der Sinn dafür muß vorhanden sein, daß große Ersparnisse in der Weiterverarbeitung bei einem Artikel dadurch erzielt werden, daß die Arbeitsgänge untereinander die richtigen Maßbeziehungen haben; d. h., je mehr ich in einer Einspannung ohne Gefahr machen kann, umso glatter und anstandloser wird sich auch dann der Zusammenbau als letzte Stufe der Fertigung vollziehen lassen. Durch kurzzeitige, winzige Arbeitsgänge eine Sondermaschine verwickelt zu gestalten, ist natürlich ein Mißgriff. Es hat beispielsweise keinen Zweck, wenn an einem Gegenstand mehrere größere Arbeitsgänge auftreten, unter allen Umständen noch ein paar kleine Löcher mit einzubohren, die, wenn sie getrennt vorgenommen werden, sich viel schneller und einfacher in bezug auf die technischen Mittel erledigen lassen. Die Konstruktion der Maschine muß eben, wie ja schon der Name besagt, dem Sonderzweck angepaßt sein.

Bei einer Sondermaschine mit richtig zusammengefaßten Arbeitsgängen gibt meist ein Werkzeug die Arbeitzeit an, alle übrigen können die für die längste Bearbeitung erforderliche Zeit ausnutzen, wodurch die Werkzeuge wesentlich geschont werden und, wie weiter oben schon angedeutet, wesentlich zur Werkzeugersparnis beigetragen wird.

Bei der Konstruktion einer Sondermaschine ist auf lange Lebensdauer außergewöhnlicher Wert zu legen. Wenn in einem Fabrikationsgang, in dem doch meist nur die notwendige Anzahl von Sondermaschinen vorhanden ist, plötzlich eine Maschine infolge Instandsetzung ausfällt, kann ein empfindlicher Schaden entstehen. Von dieser Überzeugung ausgehend, muß man dafür sorgen, daß Instandsetzungen fast zur Unmöglichkeit werden. Die Lagerungen, die Auflage von Schlitten, die Anlage von Spannvorrichtungen, Spannschrauben, Schraubenbolzen, überhaupt alle die Teile herauszusuchen, die einem erhöhten Verschleiß unterworfen sind, ist sehr wichtig. Unter keinen Umständen darf an diesen Stellen sparsam konstruiert werden, Reserven müssen überall in der Maschine liegen, sei es in Form von reichlicher Bemessung, sei es in Form der besten Werkstoffe, die erhältlich sind. Lager erstklassig zu gestalten, ist eine wichtige Aufgabe dabei; Riemenzüge durch Zwischenschaltung von Kugellagern aufzunehmen ist Bedingung. Gleitflächen von vornherein so reichlich zu halten, daß eine Abnutzung fast undenkbar wird, das alles sind Aufgaben des Konstrukteurs, die er nicht sorgfältig genug erledigen kann. [B 115]

Versuche mit dem Erdinduktorkompaß auf Schiffen.

Der Erdinduktorkompaß von Dr. Briggs und Dr. Heyl vom amerikanischen Bureau of Standards ist für Luftfahrzeuge gebaut worden, weil der Magnetnadelkompaß auf Flugzeugen infolge der Erschütterungen durch den Motor zu unruhig ist. Dieser Kompaß wurde vor kurzem auf einer längeren Seereise erprobt und hat sich dabei bestens bewährt; er wird ebenso wie der Nadelkompaß durch das magnetische Erdfeld beeinflußt, doch tritt an die Stelle der Magnetnadel der Anker einer kleinen Dynamomaschine, der um eine senkrechte Achse umläuft.

Die Dynamo hat kein elektromagnetisches Kraftfeld, sondern steht nur unter der Einwirkung des Erdfeldes. Die Bürsten sind an dem zu steuernden Fahrzeug befestigt, so daß sich der Winkel zwischen der Richtung des magnetischen Erdfeldes und den Bürsten ändert, wenn die Kursrichtung des Fahrzeuges geändert wird. Es ergibt sich dann eine Änderung der Klemmenspannung der Dynamomaschine, die der Größe der Kursänderung entspricht. Die Spannung wird vom eigentlichen Kompaß durch isolierte Drähte zu dem Anzeigegerät übermittelt, das bei Schiffen im Steuerhause steht. Die Dynamomaschine wird dagegen zweckmäßig an einem Ort aufgestellt, wo sie der Einwirkung des Schiffsmagnetismus entzogen ist, also beispielsweise oben am Mast. Angetrieben wird der Anker der Dynamo durch einen kleinen Elektromotor oder durch ein Windrad. Bei Flugzeugen stellt man die Bürsten so ein, daß der Zeiger des Anzeigegerätes bei richtiger Flugrichtung auf den Nullpunkt der Skala weist.

Bei den kürzlich ausgeführten Versuchen auf See zeigte es sich, daß die Bewegungen des Schiffes keinen störenden Einfluß hatten. Während die Nadel des gleichfalls an Bord vorhandenen Magnetkompasses bei schwerem Schlingern und Stampfen um zwei bis drei Grad schwankte, blieb der Zeiger des Erdinduktorkompasses vollkommen ruhig. Auch bei plötzlichen Änderungen der Kursrichtung des Schiffes bewegte sich der Zeiger des Erdinduktorkompasses schnell und ohne Schwingungen, so daß nach ihm besser gesteuert werden konnte. (Marine Review November 1924.) [N 53] C.

Dr.-Ing. eh. Karl Henschel †.

Am 11. Dezember v. J. verschied nach langer schwerer Krankheit im Alter von 51 Jahren der Geheime Kommerzienrat Dr.-Ing. eh. Karl Henschel.

Karl Henschel wurde am 3. Oktober 1873 in Kassel als einziger Sohn des Geheimen Kommerzienrats Oskar Henschel und dessen Gattin, Sophie, geb. Caesar, geboren. Der alten Familienüberlieferung getreu, wurde seine Ausbildung in dem Sinne geleitet, daß er einst die Nachfolgeschaft des Vaters im Besitz und in der Führung der damals schon Weltruf genießenden Henschelschen Werke übernehmen sollte. Seine Kränklichkeit in den Jugendjahren störte vielfach den regelrechten Ausbildungsgang. Er besuchte das Realgymnasium in Kassel und genoß außerdem vielseitigen Privatunterricht. Später arbeitete er praktisch in der väterlichen Fabrik und studierte an den Technischen Hochschulen in Karlsruhe und Darmstadt. Im Jahre 1894, als er 21 Jahre alt war und gerade sein militärisches Dienstjahr bei den 6. Dragonern in Diedenhofen ableistete, starb unerwartet früh sein Vater. Seine Mutter, eine Frau von hohen Geistesgaben und Charaktereigenschaften, verwaltete als Universalerbin das Unternehmen zunächst allein weiter. Im Jahre 1896 trat Karl Henschel in die Verwaltung der elterlichen Werke und arbeitete sich dann im Laufe der Jahre mit eiserner Energie in seine schwierige Stellung hinein. Die Aufgaben, die ihm entgegentraten, waren gewaltig, handelte es sich doch damals darum, mit dem raschen Zeitmaß der wirtschaftlichen Entwicklung Deutschlands Schritt zu halten.

Zuerst wurden die gesamten Kasseler Werke neugestaltet. An Stelle der unzureichend gewordenen Betriebs- und Verwaltungsgebäude entstanden neue Bauten. Ferner wurde auch der Erneuerung des Maschinenparkes besondre Aufmerksamkeit gewidmet und neue Arbeitsverfahren eingeführt. Durch diese Arbeiten entwickelte sich die Henschelsche Lokomotivfabrik zu dem größten europäischen Unternehmen dieser Art. Bei der vergrößerten Leistungsfähigkeit der Fabrik machte sich bald das Fehlen eines Hüttenwerkes immer mehr fühlbar. Daher wurde im Februar 1904 von der Dortmunder Union die Henrichshütte bei Hattingen a. d. Ruhr käuflich erworben, die zu einem Werk für hochwertigen Stahl wurde. Im Jahre 1910 konnte Karl Henschel das 100jährige Bestehen seiner Firma und zugleich die Fertigstellung der 10000sten Lokomotive feiern. An diesem Tage wurden ihm auch reiche äußere Ehren zuteil, u. a. wurde ihm der Titel eines Geheimen Kommerzienrats und von der Technischen Hochschule zu Darmstadt die Würde eines Dr.-Ing. eh. verliehen.

Der Weltkrieg stellte Karl Henschel sowie seine Firma vor neue Aufgaben. Das Unternehmen nahm auf Veranlassung des Kriegsministeriums den Bau von Geschützen und die Herstellung von Artilleriemunition auf, wozu ein großer Teil des Werkes neu umgestellt werden mußte. Ferner wurde auch ein neues Werk für die Geschützherstellung in Mittelfeld bei Kassel errichtet, das aber erst Mitte 1918 fertiggestellt werden konnte. Der unglückliche Ausgang des Krieges zwang, diese neue für Kriegseinrichtungen vorgesehene Werkstatt auf Friedenserzeugnisse, d. h. ebenfalls für Lokomotiven, umzustellen. Im Januar 1921 erhielt das so ausgebaute Unternehmen, das bis dahin eine offene Handelsgesellschaft gewesen war, die Rechtsform einer G. m. b. H. In demselben Jahre stellte Geheimrat Henschel eine Interessengemeinschaft mit den Essener Steinkohlenbergwerken A.-G. und der Bergbau-A.-G. „Lothringen" her, um sein Unternehmen dadurch auf eine breitere Basis zu bringen und die Verbindung zur Kohle sicherzustellen. Mitte 1923 schied „Lothringen" aus der Interessengemeinschaft aus, und es wurde mit den Essener Steinkohlenbergwerken, dessen größter Aktionär die Firma Henschel ist, ein neues Freundschaftsverhältnis hergestellt. Der Henschel-Konzern umfaßt heute ein festgefügtes Wirtschaftsgebäude vom Rohstoff bis zur Fertigfabrikation.

Es mögen schließlich noch einige Zahlen mitgeteilt werden, aus denen die Bedeutung des Henschel-Unternehmens hervorgeht. Die Lokomotivfabrik in Kassel beschäftigte, als Karl Henschel im Jahre 1900 die Leitung übernahm, 2200 Personen. Schon im Jahre 1905 waren es 6200 und nach dem Kriege rund 10000. Selbst heute werden hier trotz der schlechten wirtschaftlichen Lage noch etwa 5000 Arbeiter und Angestellte beschäftigt. In der Henrichshütte waren 1300 Arbeiter und Angestellte bei ihrer Übernahme im Jahre 1904 vorhanden, wogegen heute dort fast 5000 Beamte und Arbeiter Beschäftigung finden. Daß der Verstorbene dem Ausbau der sozialen Einrichtungen seiner Werke besondere Aufmerksamkeit zuwendete, ist bekannt.

Karl Henschel war eine stille, bescheidene Natur, die nicht gern öffentlich hervortrat, aber sein warmes, hilfsbereites Herz und seine soziale Gesinnung wurden an ihm besonders gerühmt. Er half gern und reichlich, wenn er sich von der Notwendigkeit dazu überzeugt hatte. Auch die Stadt Kassel hat ihm viel zu verdanken.

Ein Leben voll harter Arbeit und Pflichterfüllung hat nach menschlichem Ermessen viel zu früh seinen Abschluß gefunden. Aber das von ihm und seinen Mitarbeitern aufgebaute Werk, dem sein ganzes Wirken galt, wird weiterbestehen als ein dauerndes Denkmal seines Schaffens.

Zu seinem Nachfolger hat Karl Henschel seinen ältesten Sohn, Oskar Henschel, bestimmt. Möge es diesem und den bewährten Mitarbeitern Karl Henschels vergönnt sein, die Arbeit des Verstorbenen fortzusetzen und die Henschel-Werke zur weiteren Blüte zu führen.

Unser Bezirksverein betrauert in dem Entschlafenen eines seiner langjährigen, hervorragendsten Mitglieder, das den Verein und seine Bestrebungen stets in tatkräftigster Weise förderte und unterstützte. Die deutsche Lokomotivtechnik verliert in ihm einen hervorragenden Vertreter. Das Andenken an Karl Henschel wird von unserm Bezirksverein, von seinen Freunden und allen denen, die ihm näherzutreten Gelegenheit hatten, stets hoch in Ehren gehalten werden. [P 66]

Der Hessische Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure.

RUNDSCHAU.

Verkehrswesen.

Vergleichversuche zwischen Diesel- und Dampflokomotive.

Am 4. und 6. November 1924 fanden auf dem russischen Prüfstand in der Maschinenfabrik Eßlingen Vergleichversuche zwischen Diesel- und Dampflokomotive statt. Zum Vergleich stand die in Z. Bd. 68 (1924) S. 941 erwähnte, 5/7 gekuppelte dieselelektrische Lokomotive, Abb. 1, der Russischen Staatsbahn und eine der 700 in Deutschland gebauten russischen E-Güterlokomotiven. Die Versuche wurden von Prof. G. Lomonossoff dadurch auf eine einwandfreie Vergleichgrundlage gestellt, daß beide für die gleiche Leistung entworfenen Lokomotiven erstens die gleiche Zugleistung aufzubringen hatten, zweitens dabei mit demselben Brennstoff (Rohnaphtha) gespeist wurden und drittens unter gleich günstigen Arbeitsbedingungen liefen. Prof. Lomonossoff hatte als Versuchstrecke einen Abschnitt der Bahnlinie Petersburg-Moskau herausgegriffen, der mit der 22 km langen Steigung bei Werebje die schwierigste Strecke der russischen Staatsbahn darstellt. Der Diesellokomotive wurde die Fahrt noch dadurch erschwert, daß sie mit schon erwärmtem Motor und Kühlwasser am Fuß der Steigung ankam. Für die Versuchsfahrten war das Programm nach Zahlentafel 1 zugrundegelegt. An die Steigung von Werebje schließt sich in Wirklichkeit ein Gefälle, beim Versuch wurde jedoch noch eine halbstündige Fahrt unter Vollast angeschlossen, bei der die Leistung der Diesellokomotive bis auf 1066 PS am Radumfang stieg. Die dritte Bedingung — Regelung auf günstigsten Verbrauch — ist sehr wichtig, weil durch verschiedene Stellung des Reglers und der Steuerung bei der Dampflokomotive zwar die gleiche Leistung, aber bei ganz verschiedenem spezifischen Dampfverbrauch erreicht werden kann. Das gleiche gilt für den Dieselmotor, dessen sekundliche Drehzahl und Füllung in weiten Grenzen veränderlich war. In Zahlentafel 1 sind die besten zusammengehörigen Werte von Reglerstellung und Füllung der Dampflokomotive angegeben. 1/0,5 bedeutet: Regler voll geöffnet, 0,5 Füllung. Bei der Diesellokomotive bedeutet die erste Ziffer die sekundliche Umlaufzahl und die zweite die Stellung des Reglerhebels zur Brennstoffpumpe.

Die Werte der günstigsten Regelung wurden durch die erste Versuchsreihe von Prof. Lomonossoff erhalten, deren Zweck es ist, die Abhängigkeit der Zugkraft und des Dampfverbrauches als Funktion der Geschwindigkeit bei den verschiedensten Reglerstellungen kennen zu lernen. Neben diesen sehr zahlreichen, mit Dynamometer und Geschwindigkeitsmesser erzielbaren Messungen gehen andre einher zur Feststellung der Größe der einzelnen Verluste. Es finden also gleichzeitig betriebliche und wissenschaftliche Untersuchungen statt. Deshalb war Prof. Lomonossoff auch in der Lage, den thermischen Wirkungsgrad bei allen Arbeitslagen der Lokomotive vorauszuberechnen. Die ausgezeichnete Übereinstimmung der gewonnenen mit den berechneten Ergebnissen zeugt von der Gründlichkeit und Genauigkeit der ersten Versuchsreihe.

Zahlentafel 1. Ergebnisse der Vergleichversuche.
Zuggewicht 1800 t ohne Lokomotive.

Streckenabschnitt		I		II		III	
Länge	km	23		30		22	
Steigung	vT	2,3		—0,5		6,3	
Fahrzeit	min	55		60		94	
Zugkraft an Radumfang	kg	9 000		4 500		15 200	
Geschwindigkeit	km/h	25		30		14	
Leistung	PS	830		500		790	
		Dampf	Diesel	Dampf	Diesel	Dampf	Diesel
Regelung		1/0,35	5,5/6	1/0,22	5/3,5	1/0,5	5,5/6,5
Brennstoffverbrauch (10 000 kcal)	berechnet	580	185	420	115	960	370
	wirklich	567	183,4	388	113,5	514[1])	348
Gesamtwirkungsgrad	berechnet	8,4	27,5	7,6	26,5	8,2	25,3
	wirklich	8,67	27,5	7,6	25,0	7,62	25,0
Wärmeverbrauch der Diesellokomotive im Verhältnis zum Wärmeverbrauch der Dampflokomotive		0,31		0,3		0,3	

[1]) Versuchsdauer nur 41 statt 94 min.

Abb. 4. Gesamtwirkungsgrad in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit bei der vorteilhaftesten Regelung der Diesellokomotive. Die Ziffern an den Kurven bedeuten Uml./s.

Abb. 1. 1 E 1-Dieselelektrische Lokomotive.

Abb. 2. Verluste der Dampflokomotive in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit bei einer Verdampfung von 25 kg/m²h.

I. Verlust im Kessel (bei Naphtafeuerung wesentlich kleiner als bei Kohle).

II. Verlust durch Hilfsmaschinen.

III. Verlust durch den Kreisprozeß (Unmöglichkeit der Wärmeausnutzung bei 0° abs).

IV. Verlust durch Unvollkommenheit der Maschine (Undichtheit, Kondensation usw.).

Die weiße Fläche stellt den Anteil der Nutzarbeit dar.

Abb. 3. Verluste der Diesellokomotive in Abhängheit von der Geschwindigkeit bei 5 Uml./s.

q_0 wie III in Abb. 2.

$q_e + q_a$ „ II „ „ 2.

$q_g + q_m$ Verluste der elektrischen Übertragung.

q_t Verlust im Dieselmotor.

Die weiße Fläche stellt den Anteil der Nutzarbeit dar.

Abb. 5. Diesellokomotive vor dem Umbau.

Abb. 6. Diesellokomotive nach dem Umbau: Ein Kühler mit Ventilator fortgenommen; im Winter genügt ein Kühler. Antrieb der Erregermaschinen von der Hauptwelle statt durch besonderen Glühkopfmotor.

a Schalldämpfer, *b b'* Erregermaschinen, *d* Dieselmotor, *e* Elektromotoren, *g* Stromerzeuger, *n* nachgiebige Kupplung, *t* Brennstoff, *x* Kühler.

Die wirksame Bekämpfung der Verluste setzt die Kenntnis ihrer Größe und Bedeutung voraus und deshalb sei auf die schönen Darstellungen in Prof. Lomonossoffs Buch „Die dieselelektrische Lokomotive" hingewiesen, aus dem Abb. 2 und 3 entnommen sind. Aus der Fülle bemerkenswerter Diagramme sei noch die Darstellung des Gesamtwirkungsgrades *Y*, bezogen auf Geschwindigkeit für verschiedene Drehzahlen bei der günstigsten Regulierung gebracht, Abb. 4.

Die nach diesem Diagramm erreichbaren Wirkungsgrade sind bei den Versuchen noch übertroffen worden, weil die Diesellokomotive zur Gewichtsverminderung etwas umgebaut werden mußte. Abb. 5 zeigt das Schema vor, Abb. 6 nach dem Umbau. Während der heißesten Monate wird ein Kühltender angehängt. Er wurde aus dem Untergestell eines Tenders, einem gerade vorhandenen Dieselmotor und unter Benutzung des von der Lokomotive fortgenommenen Ventilators zusammengebaut, so daß er noch keinen einheitlichen organischen Aufbau zeigt, Abb. 7. Die Vergleichversuche haben gezeigt, daß die Diesellokomotive nur ein Drittel des Brennstoffes verbraucht und auch den härtesten Beanspruchungen gewachsen ist. Zu beachten ist auch, daß die Verluste der Dampflokomotive geringer als gewöhnlich waren, weil sie in einem ideal guten Zustand gebracht worden war.

Die Versuche vom 4. und 6. November 1924, bei denen zum ersten Mal eine 1000 PS-Diesellokomotive im Betrieb vorgeführt wurde, bilden einen Markstein in der Geschichte des Lokomotivbaues. Der erste große Erfolg in der Anwendung des Verbrennungsmotors im Vollbahnbetrieb ist errungen.

[M 921] F. Meineke.

Abb. 7. Kühltender für den Betrieb in der heißen Jahreszeit.

Zwanzigste Hauptversammlung der Automobil- und Flugtechnischen Gesellschaft.

Die Automobil- und Flugtechnische Gesellschaft hielt im großen Saal des Ingenieurhauses am 23. und 24. Januar 1925 ihre diesjährige Hauptversammlung ab, wobei eine Reihe beachtenswerter Vorträge gehalten wurde. Als erster sprach Lieut. Col. W. A. Bristow, London, über die

Entwicklung der Motor-Luftfahrzeuge nach dem Kriege.

Der Vortragende, der englisch sprach, entwickelte die Richtlinien im englischen, französischen und amerikanischen Flugmotorenbau seit Beendigung des Krieges. Den wichtigsten Punkt sieht man heutzutage in der unbedingten Zuverlässigkeit, während man das Gewicht auf 1 PS Leistung nicht mehr in den Vordergrund stellt. Dadurch hat man erreicht, daß im regelmäßigen Flugdienst zwischen London und Köln in den letzten zwei Jahren auf rd. 550 000 km Flugstrecke nur 18 Motorschäden vorgekommen sind, wovon 14 auf geringfügige Zufälle, wie Undichtheit von Benzinleitungen oder Ölrohren usw., entfallen und nur vier ernstere Bruchschäden waren.

Im Bau luftgekühlter Motoren in sternförmiger Anordnung ist ein großer Fortschritt zu verzeichnen. Im Jahr 1918 hätte noch niemand geglaubt, daß ein luftgekühlter Motor, wie der Bristol-Jupiter, mit 146 mm Zyl.-Dmr., 190 mm Hub und einem Verdichtungsgrad von 1 : 5,3 mit 1700 Uml./min gebaut werden könnte.

Wassergekühlte Sechszylinder-Reihenmotoren sind fast ganz verschwunden. An ihre Stelle tritt der Zwölfzylindermotor. Der größere Teil, insbesondere französischer und amerikanischer Firmen baut ihn noch heute mit zwei Reihen von je sechs Zylindern, doch wird die Bauart bei größeren Leistungen zu lang. Der dreireihige

Zwölfzylindermotor, wie der englische Napier-Lion, ist für den Einbau im Flugzeug wesentlich bequemer. Die Grenze der Betriebsicherheit liegt heute etwa bei 700 bis 800 PS. Noch stärkere Motoren, wie der Sechzehnzylinder-Vierreihenmotor Napier-Cub, sind noch nicht ausreichend erprobt.

Für die Erhöhung der Verdichtung und Drehzahl war die Ausbildung der Zündkerzen sehr wichtig. Eine kleine Kerze von 11 mm Gewindedurchmesser hat sich nach dem letzten Versuch am besten bewährt. Der Fortschritt der Motoren gegenüber dem Jahre 1918 liegt auch noch allgemein in der Steigerung der Drehzahlen auf 1800 bis 2000 Uml./min sowie im Fortfall von Getrieben für die Luftschraube. Die Leistung auf 1 l Hubraum ist etwa auf 18 PS gestiegen.

Der Vortragende beschrieb an der Hand vorzüglicher Lichtbilder bauliche Einzelheiten des Bristol-Jupiter-Motors mit Aluminium-Zylinderkopf, eingeschraubten Ventiltellern, selbsttätigem Ausgleich des Stößelspiels usw., ferner der Beardmore-Maschine mit hängenden Zylindern, des „Condor" von Rolls-Royce mit verstellbarer Stahlschraube sowie der englischen Napier-Motoren mit 12 und 16 Zylindern.

Motoren mit Vorverdichter werden im Augenblick garnicht benutzt, da die erreichbare Höhe nicht so sehr von der Leistung der Motoren wie von der Fähigkeit der Flugzeugführer abhängt. Betriebsversuche mit Alkoholmischungen haben bis zu einem Verdichtungsgrad von 1 : 7 vorzügliche Ergebnisse ohne Leistungsverlust ergeben.

Als zweiter sprach Ober-Ing. Plünske über

Konstruktion der Eisenbahn-Triebwagen mit Verbrennungs-Motoren und deren Anwendungsgebiet.

Der Vortragende erörterte die Wirtschaftlichkeit des Triebwagenverkehrs, besonders für Nebenstrecken und Vorortbahnen, und die Anforderungen, die an die Bauart von Triebwagen gestellt werden. Das Wichtigste ist die Kraftübertragung, während die Motoren unmittelbar aus dem Automobilbau übernommen werden: Von den drei Möglichkeiten: der elektrischen, hydraulischen und mechanischen Übertragung, hat sich die mechanische fast allgemein durchgesetzt. Die Ausführungen der Waggonfabrik Wismar, Hawa, Deutschen Werke und Waggonfabrik Werdau wurden dem Triebwagen der AEG gegenübergestellt.

Am nächsten Tag sprach Prof. Dr.-Ing. G. Becker über den

Automobilbau als Bedarfsindustrie.

Deutschland steht zur Zeit an einem Wendepunkt. Der Bedarf an Gebrauchswagen ist außerordentlich groß, während die Industrie hauptsächlich mit dem Bau von Repräsentationswagen beschäftigt ist. Daher kann zur Zeit der Bedarf ohne Einfuhr aus dem Auslande nicht befriedigt werden. Die Verkaufspreise deutscher Wagen sind zur Zeit viel zu hoch, obgleich 1 kg der Baustoffe nur unwesentlich teurer, zum Teil sogar billiger als im Ausland ist. Der Fehler liegt darin, daß zu viel überflüssiges Material mitgeführt wird, also das Wagengewicht zu hoch ist. Der Verkaufpreis für 1 kg Wagengewicht muß niedriger werden. Während der Fordwagen nur 2 ℳ/kg kostet und die meisten hochwertigen amerikanischen Wagen für 4 ℳ/kg zu haben sind, stellt sich der billigste deutsche Wagen noch immer auf 8 ℳ/kg, was den Wagen von Packard und Lincoln entspricht. Daran trägt der übermäßige Materialaufwand unsrer Konstruktion die Schuld. Man müßte die Preise um 60 vH senken, um wenigstens mit den englischen Automobilen gleichen Schritt zu halten.

Die Arbeitslöhne spielen eine verhältnismäßig kleine Rolle. Dagegen ist wichtig, durch ausreichend große Reihen die Vorarbeit an jedem Werkstück so weit zu spezialisieren, daß der Materialverlust verringert werden kann. Die englische Industrie erreicht dies durch innige Zusammenarbeit mit den Unterlieferern. Durch Beschränkung auf ein bestimmtes Erzeugnis wird jeder Unterlieferer in die Lage versetzt, seinen Betrieb wirtschaftlich einzurichten. Schon beim Entwurf müssen der Gang der Erzeugung und jede Arbeitstufe festgesetzt werden. Die Ansicht, daß die Konstruktion von Kraftwagen festliegt, ist falsch. Heute mehr als je hat der Konstrukteur den größten Einfluß auf die Verbilligung des Fahrzeugs. Toleranzen, die unnötig sind, müssen vermieden werden. Allein dadurch haben die Moris-Werke in England erreicht, daß ihre Kurbelwelle fertig bearbeitet nur 18 sh kostet.

In Deutschland hat man bisher in der Höchstleistung der Motoren den Fortschritt gesehen, statt im Drehmoment bei niedriger Drehzahl und in der Geschmeidigkeit des Motors, die im Verkehr viel wichtiger als die Höchstleistung ist. Die Leistung bei niedriger Drehzahl entscheidet. Der Käufer hat ein sehr feines Gefühl für die Beweglichkeit eines Wagens. Die Motoren des Auslandes sind so gebaut, daß sie bei unmittelbarem Eingriff ohne Umschalten vom Schrittempo bis zur Höchstgeschwindigkeit aufholen, so daß man im Großstadtverkehr fast niemals umzuschalten braucht. Das Fahren wird so viel einfacher, daß sich jeder Deutsche wundert, wie sicher auch Damen im Straßengewühl fahren. Ein Maß für die Elastizität eines Wagens ist das Verhältnis der Motorleistung zum Wagengewicht. Hierin drückt sich das Beschleunigungsvermögen sowie letzten Endes auch die Billigkeit der Erzeugung durch Materialersparnis aus.

Aus vergleichenden Darstellungen für 25 km/h Geschwindigkeit, d. h. normale Stadtfahrt, ergibt sich, daß an erster Stelle der Fordwagen mit 1,39 PS auf 100 kg Wagengewicht steht. Dies ist hauptsächlich der Grund für die Beliebtheit und Verbreitung des Ford-Wagens. Dicht dahinter kommen andre amerikanische Wagen, wie Buick usw., während deutsche ganz hochwertige Wagen nur 0,71 PS auf 100 kg haben, also nur halb so elastisch wie die Ford-Wagen sind. Durch Verwendung von Leichtmetallen, worin Deutschland zur Zeit an der Spitze steht, wollen die Amerikaner auch die heutigen Werte noch mindestens um 30 vH heraufsetzen. Vorverdichter, die den Füllungsgrad verbessern, wirken in derselben Richtung.

Bei der Bekämpfung des Motorgeräusches spielen die Gewichte und Massen des Triebwerkes eine große Rolle. Geräuschlosen Kolbenlauf kann man nur kurze Zeit erzielen, wenn sich der Kolben genau dem Zylinder angepaßt hat. In Amerika baut man Kolben durchweg mit 0.07 mm Spiel ein. Der Käufer weiß, daß er auf den ersten 1000 km den Wagen nicht mit Höchstleistung fahren darf. Er rechnet damit, daß er nach 16 000 km Fahrt neue Kolben braucht und nach 25 000 km die Zylinder ausschleifen lassen muß. In Deutschland verlangt man, daß jeder Wagen sofort bei der Übergabe seine Höchstleistung hergibt. Wir müssen daher von vornherein mit größerem Kolbenspiel und unruhigerem Gang rechnen. Die Steuerung des Motors ist in Amerika dadurch viel geräuschloser, daß man nicht auf Höchstleistung baut. Schnelles Öffnen und Schließen der Ventile ist daher überflüssig, und die Nocken können auf Geräuschlosigkeit hin gekrümmt werden.

Zum Schluß schlug Prof. Becker vor, zur Erzwingung technischen Fortschritts und wirtschaftlicher Bauweise die Gebrauchswagen nach dem Gewicht zu besteuern.

Hierauf behandelte Dr.-Ing. Koch die

Normung im Kraftfahrzeugbau und deren Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit.

Der Weg vermehrter Erzeugung geht über die Normung. Diese darf sich nicht nur auf Einzelteile beziehen; noch wichtiger ist die Gruppennormung, die den Fabriken die Möglichkeit gibt, in freien Zeiten auf Vorrat zu arbeiten. Die Normung der Grenzmaße entlastet die Lagerhaltung und erleichtert die Fabrikation und insbesondre auch die Ausbesserwerkstätten. An die Stelle der Ausbesserung muß wie im Ausland in größtem Maß das Auswechseln treten. In Amerika ist die Einführung von Normen und Richtlinien für Werkstoffe usw. viel weiter als in Deutschland gediehen. Jede Fabrik muß einen Normeningenieur mit möglichst großer Machtvollkommenheit haben. Innerhalb einer genau geregelten Massenerzeugung kann an die Stelle der öffentlichen Normung auch die Fabriknormung treten.

Am Nachmittag wurde die **Versuchsanstalt für Verbrennungsmaschinen und Kraftfahrzeuge** an der Technischen Hochschule besichtigt. Prof. Becker, Vorsteher der Anstalt, erläuterte die umfangreiche Lehrsammlung und führte Versuche am Wagenprüfstand vor, wo zur Zeit verschiedene Bereifungen geprüft werden. Auf den Motorprüfständen wurde der Unterschied zwischen Nutzmotor und Hochleistungsmotor gezeigt, ein Buick-Motor, der über 2500 Uml./min bereits wärmetechnisch überlastet ist, und ein neuer 1½ Liter-Aga-Rennmotor, der bei 4000 Uml./min im Dauerbetrieb 40 PS leistet. [N 108] Fr.

Lichttechnik.

Beleuchtungstechnik und Gesundheitspflege.

Die deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft hielt im Dezember 1924 eine gemeinsame Sitzung mit der Berliner Gesellschaft für öffentliche Gesundheitspflege und mit der Berliner Ophthalmologischen Gesellschaft ab.

Hierbei sprach Prof. Dr. Korff-Petersen über

die erforderliche Beleuchtungsstärke.

Bei der Behandlung dieser Frage darf bei aller gebotenen Sparsamkeit nicht allein die wirtschaftliche Seite berücksichtigt werden. Gesundheitliche Überlegungen haben hierbei den Ausschlag zu geben. In den verschiedenen Lehrbüchern des Gesundheitswesens werden ganz verschiedene Mindestzahlen für die erforderliche Beleuchtungsstärke angegeben, die zwischen 10 Lux, gemessen in weiß, und 25 Lux, gemessen in rot, schwanken. Diese großen Verschiedenheiten erklären sich daraus, daß bei den messenden Untersuchungen über die Frage der Einwirkung der Beleuchtungsstärke auf die Funktionen des Auges untereinander recht abweichende Ergebnisse festgestellt worden sind.

Die ersten Untersuchungen hierüber gehen bis ins Jahr 1754 zurück; sie hatten sich zur Aufgabe gemacht, ein mathematisch ausdrückbares Gesetz aufzustellen, ohne daß bis jetzt ein solches gefunden worden ist. Die ersten auf die Praxis gerichteten Untersuchungen sind von dem Breslauer Augenarzt Hermann Cohn in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts unternommen. Auf Grund von Versuchen über die Lesegeschwindigkeit kam er zu dem Ergebnis, daß mindestens 10 Meterkerzen, entsprechend 11,4 Lux, zu fordern seien; daß aber erwünscht seien 50 Meter-

kerzen, entsprechend etwa 57 Lux. Uhthoff kam auf Grund von Sehschärfeversuchen zu dem Ergebnis, daß eine Steigerung der Beleuchtungsstärke über etwa 40 Lux hinaus praktisch keine Steigerung der Sehschärfe mehr bewirke. Aus eigenen Versuchen fand der Vortragende, daß bei Erwachsenen die volle Sehschärfe bei 30 Lux erreicht ist, während sie bei Jugendlichen erst bei 50 Lux auftritt. Er zieht daraus den Schluß, daß man als erforderliche Mindestbeleuchtungsstärke 30 Lux zu fordern habe. Wünschenswert sind aber zweifellos 50 bis 60 Lux. Es ist zwar nach neueren Forschungen nicht sehr wahrscheinlich, daß eine schlechte Beleuchtung wesentlichen Einfluß auf die Entstehung der Kurzsichtigkeit hat; sicher ist aber, daß Schulkinder, die bei mangelhafter Beleuchtung lesen und schreiben müssen, die Augen dem Papier allzusehr nähern, wodurch die Gefahr der Rückgratverkrümmung entsteht.

Das beste Merkmal für die Güte der Beleuchtung ist natürlich die Ermüdung des Auges. Leider ist dieser Vorgang zu verwickelt, als daß man ihn einwandfrei messend verfolgen könne. Nach neueren Untersuchungen von Büttger, die freilich noch der Nachprüfung bedürfen, ist die Ermüdung des Auges am geringsten bei einer Beleuchtungsstärke von 60 Lux, bei 30 Lux jedoch nicht viel größer. Die Lichtfarbe scheint nach Beobachtungen von Büttger, Schneider und Ogata nicht ohne Einfluß auf die ermüdende Wirkung sowie auf Sehschärfe und Lesegeschwindigkeit zu sein, doch müssen diese Untersuchungen noch erweitert werden.

In sehr starkem Maß ist die notwendige Beleuchtungsstärke von der Größe der vorhandenen Kontraste abhängig. Bei schwachen Kontrasten wird durch Steigerung der Beleuchtung über 40 Lux eine große Zunahme der Sehschärfe beobachtet. Das ist für die praktische Beleuchtungstechnik sehr wichtig; denn man hat es nicht immer mit starken Schwarz-Weiß-Kontrasten zu tun, wie sie beim Lesen und Schreiben vorliegen. Zum Beispiel ist für die Arbeitsbeleuchtung in Fabriken eine weit höhere Beleuchtungsstärke erforderlich, weil die Arbeitsfläche meist sehr viel Licht absorbiert und der Kontrast zwischen dunklem Werkstoff und dunkler Arbeitsfläche gering ist. Die Forderungen in den von der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft herausgegebenen „Leitsätzen für Innenbeleuchtung" müssen als sehr mäßig angesehen werden. Sie bleiben vielfach noch hinter den Forderungen des Vortragenden zurück. Die Amerikaner stellen weit höhere Ansprüche.

Zweifelhaft kann es sein, ob bei Tageslicht in älteren Schul- und Amtsgebäuden die erforderliche Beleuchtungsstärke überall vorhanden ist. In neu zu errichtenden Gebäuden dürfte es dagegen keine Schwierigkeiten machen, diesen Forderungen zu entsprechen. Die bis jetzt gültigen Normen für die Größe des von den einzelnen Plätzen aus sichtbaren Himmelsstückes (50 reduzierte Quadratgrade) bzw. die auf diese Größe zurückgehende Norm für den Tageslichtquotienten (0,005) und die Blendenöffnung des Thornerschen Beleuchtungsprüfers müßten freilich neu berechnet werden. [N 89] Lx.

Dampfkraftanlagen.

Kreiselpumpen als Speisevorrichtungen für Hochdruck-Kesselanlagen.

Die Einführung der Hochdruck-Kesselanlagen hat der Kreiselpumpe ein neues Sondergebiet als Speisevorrichtung eröffnet. Bisher hat man das Speisewasser von der Pumpe durch den Vorwärmer in den Kessel geleitet. Der Druck im Vorwärmer beträgt wegen der Rohrreibung etwa 2 bis 3 at und bei gedrosseltem Speisewasserregler mitunter 4 bis 6 at mehr als der Kesseldruck. Drücken von rd. 25 bis 30 at waren aber die Vorwärmer häufig nicht gewachsen, so daß Beschädigungen nicht ausblieben; es traten Undichtheiten auf, deren Beseitigung Kosten und Betriebstörungen verursachten. Schmiedeiserne Vorwärmer halten wohl einen höheren Druck aus, werden aber erfahrungsgemäß leichter angefressen.

Bei Hochdruck-Kesselanlagen mit 60 at und mehr müssen sich diese Schwierigkeiten der Verwendung von Vorwärmern nach steigern; man kann sie aber bei Anlagen mit Kreiselpumpen dadurch vermeiden, daß man in zwei Druckstufen arbeitet, was bei diesen Pumpen leicht ausführbar ist, s. Abb. 8. Die Vorpumpe fördert dann das kalte oder vorgewärmte Wasser mit geringem Druck durch den Vorwärmer. In diesem wird es vorgewärmt und fließt dann der Hauptspeisepumpe wieder zu, die das heiße Wasser mit dem erforderlichen Druck dem Hochdruckkessel zuführt.

Die Dampfturbine *c* für den Antrieb der beiden Pumpen von 10 m³/min Förderleistung ist zwischen den Pumpen d_1 und d_2 angeordnet; ihre Welle ist mit den Pumpenwellen elastisch gekuppelt. Der dreistufigen Vorpumpe d_1 läuft das Wasser aus dem Behälter *a* mit rd. 80° zu.

Buchstabenerklärung für Abb. 8 bis 10.

- *a* Speisewasserbehälter
- *b* Niederschlaggefäß
- *c* Antriebdampfturbine
- *d* Speisepumpe { d_1 Vorpumpe, d_2 Hauptpumpe }
- *e* Regelvorichtung
- *f* Rauchgasvorwärmer
- *g* Dampfkessel
- *h* Saugleitung
- *i* Vorwärmerleitung
- *k* Leitungen zur Pumpe und zu den 10 at-Kesseln
- *l* Hochdruckleitungen

Abb. 8. Schaltplan einer Kesselspeiseanlage für 36 at Betriebsdruck mit zwei Druckstufen.

Abb. 9. Kesselspeiseanlage für vier Kessel von 50 at Betriebsdruck.

Abb. 10. Kesselspeiseanlage mit drei verschiedenen Kesseldrücken.

Abb. 8 bis 10. Kesselspeiseanlagen für verschiedene Betriebsdrücke nach einer Anordnung der Firma Klein, Schanzlin & Becker A.-G., Frankenthal Pfalz.

Diese fördert es mit 11 at in den Vorwärmer *f*, aus dem es mit 160° der Hauptspeisepumpe d_2 zufließt; diese Pumpe fördert das heiße Speisewasser mit 36 at in den Kessel *g*.

Pumpen für kleinere Fördermengen gegen hohe Kesseldrücke führt man vorteilhaft als Doppelpumpen aus, weil sonst die Stufenzahl in einem Gehäuse zu groß wird. Bei größeren Leistungen kann man Vor- und Hauptspeisepumpe vereinigen, Abb. 9. Die für 40 m^3/min bemessene Pumpe *d* wird an der zweiten Druckstufe angezapft und drückt hier das Speisewasser mit 18 at den Vorwärmern zu. Es tritt mit etwa 16 at wieder aus — der Unterschied ist auf die Widerstände im Vorwärmer zurückzuführen — und gelangt an der dritten Druckstufe erneut in die Pumpe, die den Druck auf 52 at steigert.

Eine Anlage, bei der Kessel mit drei verschiedenen Drücken durch eine gemeinsame Pumpe gespeist werden, und zwar zwei Kessel für 10 at, zwei für 15 at und zwei für 32 at Druck, zeigt Abb. 10. Das Speisewasser tritt zunächst an der zweiten Pumpenstufe mit 11 at aus und strömt durch sämtliche Vorwärmer. Ein Teil davon kommt so in die beiden Niederdruckkessel, während der Rest an der dritten Stufe der Pumpe wieder zugeführt wird. An der vierten Stufe wird noch ein Teil des Wassers entnommen und den Kesseln für 15 at zugeleitet, während der Rest für die Kessel mit 32 at verwendet wird. Abb. 11 zeigt eine Kreiselpumpe für Hochdruck-Kesselspeisung.

Abb. 11. Kreiselpumpe als Speisevorrichtung für Hockdruck-Kesselanlagen der Firma Klein, Schanzlin & Becker A.-G., Frankenthal/Pfalz.

Für solche Verhältnisse werden die Schaufelräder der ersten beiden Druckstufen für den ganzen Wasserbedarf der Kessel berechnet. Die Räder für die nächsten beiden Stufen haben nur zu fördern, was die Kessel von 15 und 32 at brauchen, während die letzten Räder für den Verbrauch der Kessel für 32 at berechnet sind. Die Durchmesser der Laufräder werden so bestimmt, daß sie die nötigen Drücke bei günstigem Gesamtwirkungsgrad ergeben.

Es gibt außerdem zahlreiche andre Möglichkeiten, solche Speiseanlagen den verschiedenartigen Betriebsverhältnissen anzupassen. Um bei dem zuletzt angeführten Fall zu bleiben, könnte man das Speisewasser den Kesseln für 10 und 15 at ohne Vorwärmung zuführen und nur den Rest für die Kessel mit 32 at durch die Vorwärmer treiben, um die Hochdruckkessel mit möglichst heißem Wasser zu speisen.

Der Druck am Austritt aus dem Vorwärmer muß immer höher sein, als der der Austrittstemperatur des Wassers entsprechende Dampfdruck, damit sich kein Dampf im Vorwärmer oder in der Pumpe bildet. Der Vorteil der auf diese Weise verwendeten Hochdruck-Kesselspeisepumpen liegt nach den vorstehenden Ausführungen nicht nur darin, daß die Rauchgasvorwärmer nicht für den höchsten Kesseldruck gebaut zu werden brauchen, sie bieten auch Gelegenheit, ältere und für niedrigeren Druck ausgeführte Vorwärmer für neue Hochdruckkesselanlagen zu verwenden. Das setzt die Kosten für Betriebseinrichtungen nicht unwesentlich herab.

[M 1031] Dir. G. Weyland.

Meßgeräte.

Fehlergrenzen von Meßgeräten für Temperaturen und Wärmemengen.

Von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ist der folgende Entwurf einer gesetzmäßigen Festsetzung aufgestellt worden. Etwaige Abänderungsvorschläge können der Reichsanstalt[1]) bis zum 31. März d. J. mitgeteilt werden.

Auf Grund des § 3 des Gesetzes über die Temperaturskale und die Wärmeeinheit vom 7. August 1924[2]) wird hiermit festgesetzt, daß die Angaben der Temperaturmeßgeräte, soweit sie im geschäftlichen Verkehr, insbesondere bei Ausübung eines Berufes oder Gewerbes, benutzt werden, um die folgenden Beträge von den Sollwerten abweichen dürfen:

Im Meßbereich				Zulässige Abweichung
unter	— 100°	bis	— 200°	4°
„	0	„	— 100	2
von	0	„	100	1
über	100	„	200	2
„	200	„	300	3
„	300	„	400	6
„	400	„	500	9
„	500	„	600	12
„	600	„	700	15
„	700	„	1000	20
„	1000	„	1500	30
„	1500	„	2000	50

Thermometer für Verbrennungskalorimeter müssen Temperaturunterschiede auf 0,05° genau zu messen erlauben.

Instrumente, die nur in einem beschränkten Teil ihrer Skale die vorgeschriebene Genauigkeit einhalten, dürfen benutzt werden, wenn dieser Teil durch zwei rote Grenzstriche oder durch die Aufschrift „Zulässiger Meßbereich von ....° bis ....°" gekennzeichnet ist.

Begründung. Nach § 3 des Gesetzes über die Temperaturskale und die Wärmeeinheit vom 7. August 1924 hat die Physikalisch-Technische Reichsanstalt Verkehrsfehlergrenzen für die Meßgeräte festzusetzen. Die Verwendung von Meßgeräten mit diese Grenzen überschreitenden Fehlern ist im geschäftlichen Verkehr nach § 4 des Gesetzes verboten und wird nach § 7 bestraft, damit grobe, auf unrichtige Meßgeräte zurückzuführende Fehler vermieden werden.

Die zulässigen Abweichungen der Angaben der Geräte von den Sollwerten dürfen nicht größer sein, als mit der handelsüblichen Herstellung verträglich ist, wenn der beabsichtigte Zweck erreicht und den Benutzern der Geräte gedient werden soll. Die Verkehrsfehlergrenzen sind deshalb im vorstehenden Entwurf im allgemeinen etwa doppelt so groß gewählt als die größten Abweichungen, bei denen das betreffende Meßgerät noch amtlich beglaubigt werden könnte.

Insofern die Verkehrsfehlergrenzen für besondere Zwecke zu weit erscheinen, kann natürlich die Verwendung genauerer Meßgeräte, z. B. amtlich beglaubigter Thermometer, vereinbart werden. Sind besondere Vereinbarungen nicht getroffen, so sind die Verkehrsfehlergrenzen maßgebend. Bei der Festsetzung des zulässigen Fehlers von Kalorimeterthermometern wird von der üblichen Messung eines Temperaturunterschiedes von etwa 2° ausgegangen und eine Meßgenauigkeit von etwa 2½ vH gefordert. [N 206]

[1]) Abt. III, Charlottenburg, Werner-Siemens-Str. 8/12.
[2]) Reichsges. Bl. I S. 679. Vergl. a. Z. 1924 Bd. 68 S. 1176

Stand der Elektrizitätsversorgung der Tschechoslowakei.

Berichtigung. In Z. Nr. 6 vom 7. Februar 1925 muß auf S. 148 der letzte Satz folgendermaßen lauten: Die transatlantische Verbindung erfolgt über Telefunken Nauen oder über die von der Marconi-Wireless Company betriebene Großfunkstation Warschau oder die Großfunkstation Paris-Eiffelturm der Société de Télégraphie sans fil.

In Straschnitz bei Prag ist lediglich eine Rundfunkstation der mit dem Rundfunkdienst ausschließlich betrauten „Radiojournal" G. m. b. H. eingerichtet. [N 192]

Hochdruckdampferzeugung durch Atmoskessel.

Berichtigung. In dem Aufsatz von E. Josse in Z. Nr. 7 vom 14. Februar 1925 muß es in Zahlentafel 1 auf S. 172, l. Spalte, 14. Zeile von unten heißen:
Erzeugte Normaldampfmenge von 100 °C aus Wasser von 0 °C (639 kcal/kg) auf 1 kg Brennstoff . . . kg 6,98. [N 191]

Die Großgasmaschine in der deutschen Kraftwirtschaft.

Wie uns von der MAN, Werk Nürnberg, mitgeteilt wird, muß in dem Aufsatz von P. Meyer in Z. Bd. 68 (1924) S. 1337 die Unterschrift zu Abb. 5 heißen: Drei Zwillingsgasdynamos, 15 000 PS, ausgeführt von Haniel & Lueg, Düsseldorf, für Zeche Zollverein. [N 183]

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Elementarmathematik vom höheren Standpunkt aus. Von F. Klein. Bd. 1: Arithmetik, Algebra, Analysis. 3. Aufl. u. Mitw. von Fr. Seyfarth. Berlin 1924, Julius Springer. XII, 321 S. m. 125 Abb. Preis geb. Gm. 16,50.

Der große Göttinger Mathematiker hat in dem ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts drei Vorlesungen ausarbeiten und herausgeben lassen, die mit seinen Bestrebungen auf dem Gebiete des Schulwesens zusammenhängen, nämlich: „Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie" und „Elementarmathematik vom höheren Standpunkte". Diese Vorlesungen sollen jetzt gemeinsam unter dem oben angegebenen Titel erscheinen. Der erste Teil liegt hier vor und verdient, auch weiteren Kreisen bekannt zu werden; denn der Inhalt beschränkt sich nicht auf die von der Schule her bekannte Elementarmathematik. Der vorliegende Band bespricht Arithmetik, Algebra und Analysis. Beachtenswerte Einzelheiten sind: Beschreibung der Rechenmaschine „Brunsviga", Natur der Raumanschauung, großer Fermatscher Satz, Beweis für die Unmöglichkeit, das regelmäßige Siebeneck zu konstruieren, die moderne Entwicklung und der Aufbau der Mathematik, Apparat zur numerischen Auflösung von Gleichungen, Unmöglichkeit der Winkeldreiteilung usw. Aber nicht in den Einzelheiten liegt der Hauptwert für den Ingenieur. Der Unterricht in der höheren Mathematik auf den Technischen Hochschulen muß sich auf das Notwendigste beschränken. Infolgedessen gelangen Ingenieure in der Praxis schnell an die Grenzen ihres Wissens. Diese Grenzen zu erweitern sind gerade die Vorlesungen von Klein als zusammenfassende Darstellungen sehr gut geeignet, und da sie niemals trocken, sondern philosophisch und historisch eingestellt sind, so werden sie auch über das besondere Wissensbedürfnis hinaus gelesen werden. [E 56] Prof. Dr. Hamel.

Die Isolierstoffe der Elektrotechnik. Vortragsreihe, veranstaltet von dem Elektrotechnischen Verein und der Technischen Hochschule, Berlin. Herausgegeben im Auftrage des Elektrotechnischen Vereins von Prof. H. Schering. Berlin 1924, Julius Springer. 392 S. m. 197 Abb. Preis geb. Gm. 16.

In dem vorliegenden Werk ist das Gesamtgebiet der elektrischen Isolierstoffe nach verschiedenartigen Gesichtspunkten in 9 Abschnitten behandelt, die von je einem besonderen Verfasser herrühren.

Im ersten Abschnitt bespricht K. W. Wagner die theoretischen Grundlagen, das ideale und zusammengesetzte Dielektrikum, Nachladung und dielektrische Verluste sowie Besonderheiten der Stromleitung in festen und flüssigen Isolatoren. Der zweite Abschnitt von K. Geisler handelt von den natürlichen Isolierstoffen, Marmor, Schiefer, Asbest und Holz, über ihre Gewinnung und Verarbeitung, elektrische und mechanische Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten. Den gleichen Fragen für Glimmer und Glimmererzeugnisse ist der dritte Abschnitt von R. Schröder gewidmet. W. Weicker behandelt in einem weiteren Abschnitt die keramischen Isolierstoffe, Porzellan und Glas. Die Zusammensetzung des Porzellans im Zusammenhang mit seinen wichtigsten Eigenschaften wird durch Dreieckskoordinaten erläutert. Die Verarbeitung der Masse, das Brennen, die elektrischen Eigenschaften, die Prüfung und Verwendung von Porzellanisolatoren werden unter Angabe von Zahlenwerten und vielen lehrreichen Abbildungen besprochen.

Das außerordentlich interessante und vielseitige Gebiet der Preßstoffe, plastischen Stoffe, Papiere und Gespinste, wird im fünften Kapitel von A. Bültemann hauptsächlich von technologischen Gesichtspunkten aus behandelt. Neben den verschiedenen Hartpapiererzeugnissen mit Kunstharzen, sowie Galalith, Steatit, Preßspan und Isoliergeweben wird auch die schwierige Frage der Kittung von Porzellanisolatoren besprochen. Über Gummi, Guttapercha und Balata, ihre Gewinnung, Eigenschaften und Verarbeitung schreibt H. Jaehn, während über Cellonlacke als elektrotechnische Isolierstoffe, denen eine weitgehende und verschiedenartige Verwendung offen steht, A. Eichengrün berichtet.

Das achte Kapitel, von F. Frank verfaßt, behandelt das Mineralöl, sein Vorkommen, seine Gewinnung, Verarbeitung und Verwendung in der Elektrotechnik. Im neunten Kapitel, über die Prüfung der Isolierstoffe von H. Schering, werden die Verfahren der Prüfung der Isolierstoffe, der Messung des Durchgangs- und Oberflächenwiderstandes, der dielektrischen Verluste und der Durchschlagsfestigkeit, der mechanischen Eigenschaften sowie der Sicherheit gegen Feuer, Lichtbogen, Feuchtigkeit und chemische Einflüsse erörtert.

Das Werk zeigt, daß die Technik der elektrischen Isolierstoffe ein vielseitiges Arbeitsgebiet mit ausgedehnten Fortschrittsmöglichkeiten ist. Es zeigt auch, daß die Isolierstoffindustrie bestrebt ist, dem Erbauer von elektrischen Maschinen und Anlagen hochwertige Isolierstoffe mit passenden Eigenschaften zur Verfügung zu stellen. Als besonders schätzenswert erscheint, daß viele wertvolle Zahlenunterlagen, die bisher nur in Sonderzeitschriften veröffentlicht waren, hier dem entwerfenden und ausführenden Ingenieur leicht zugänglich geworden sind.
[E 27] M. Tunkel.

Elektrische Papiermaschinenantriebe. Ein Lehrbuch der Energieverhältnisse und des Antriebs von Papiermaschinen. Von Dr.-Ing. Stiel. Leipzig 1924, S. Hirzel. 280 S. m. 202 Abb. Preis geh. Gm. 16, geb. Gm. 18.

Der zweite Band des von Prof. Dr.-Ing. eh. W. Philippi herausgegebenen Sammelwerkes „Elektrizität in industriellen Betrieben" enthält eine erschöpfende Behandlung des elektrischen Antriebes von Papiermaschinen nach jeder Richtung hin. Nach einigen einleitenden Worten über die Papiermaschine werden die Anforderungen an den Antrieb der Papiermaschine, der Energiebedarf der Papiermaschine und des Rollapparates und die Ausführungsmöglichkeiten des regelbaren Papiermaschinenantriebes besprochen. Die Regelsysteme selbst, das Verhalten der einzelnen Anordnungen hinsichtlich der Geschwindigkeitskonstanz, die selbsttätige Gleichhaltung der Arbeitsgeschwindigkeit, der Einzelantrieb, sowie die Ausführung der Papiermaschinenantriebe werden ausführlich behandelt. Zum Schluß wird kurz die Frage der regelbaren Dampfmaschine gestreift, ebenso die der elektrischen Heizung der Trockenzylinder. (Eine ausführlichere Besprechung des Buches, jedoch mit sinnentstellenden Druckfehlern in der Überschrift, ist in Nr. 6 S. 68 erschienen.) [E 1036]

Wirtschaftliche Betriebsführung in der Forstwirtschaft. Von Albr. v. Monroy. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 44 S. m. 64 Abb. Preis Gm. 4,50.

Wie in allen wirtschaftlichen Zweigen, hat sich auch in der Forstwirtschaft das Verfahren der Arbeitsteilung und Mechanisierung der Arbeit immer mehr eingeführt. Die Zahl der Maschinen zum Fällen, zum Ablängen des Holzes, zum Durchführen der Kulturarbeiten zwecks Neubegründung der Bestände wächst dauernd. Amerika war auch in dieser Beziehung wie überhaupt bei der Durchführung der Arbeitsteilung bahnbrechend. Aber auch deutsche Forstleute der Praxis, z. B. Hegemeister Spitzenberg, haben sich seit Jahren mit dem Entwurf von Werkzeugen beschäftigt, die bei geringem Kraftverbrauch eine möglichst hohe Leistung der Arbeiter herbeiführen sollen. Die Einführung des Taylor-Systems in die Forstwirtschaft hat sich namentlich Oberförster Hilf in Biesenthal bei Eberswalde zur Aufgabe gemacht, dessen Vortrag im Märkischen Forstverein vor etwa Jahresfrist beteiligten Kreisen im Gedächtnis geblieben ist.

Die erste Druckschrift, die alle diese Fragen zusammenfassend behandelt, ist die vorliegende Dissertation. Der Verfasser teilt seine Arbeit in die allgemeine Organisation der forstlichen Betriebsarbeit und in die Rationalisierung der einzelnen forstlichen Arbeiten. Er untersucht die geistige und mechanische Arbeit in der Forstwirtschaft, Betriebsleitung und Arbeitsausführung, die Physiologie der Forstarbeit, wobei er den Menschen als Kraftmaschine und die physiologischen Vorgänge im menschlichen Körper darstellt, sowie die Physiologie der Forstarbeit, Anwerben, Entlohnung der Arbeiter und die viel behandelte Frage jeder Industrie, die Arbeitsgemeinschaft. Im zweiten Teil seiner Schrift sucht der Verfasser die rationellste Arbeitsmethode durch Anwendung geeigneter Werkzeuge für Kulturen, Hauen und Erdarbeiten zu finden.

Die Schrift ist mit einer großen Anzahl wohlgelungener Abbildungen von Werkzeugen versehen; ferner sind sehr beachtenswerte Filmaufnahmen beigegeben, die die Bewegung des Mannes bei verschiedenen Arten des Grabens mit üblichem Spaten, die Bewegungen verschiedener Versuchspersonen mit verschiedenen Spatensorten sowie die Tätigkeit eines frischen und eines ermüdeten Arbeiters zeigen.

Die Frage der Normung in der Forstwirtschaft läßt sich in absehbarer Zeit nicht lösen, da gerade die Forstwirtschaft infolge der Eigenart der Bodenbearbeitung und der Kulturen, der Verschiedenartigkeit der Holzstruktur von Laub- und Nadelholz, der Unterschiede in der Aufarbeitung und Verwertung des Holzes nicht ohne weiteres mit der mechanischen Arbeit andrer Industriebetriebe verglichen werden kann. Es steht aber heute bereits außer Zweifel, daß auch in der Forstwirtschaft überall erheblich rationeller als bisher gearbeitet werden kann und muß. Die vorliegende Schrift ist deshalb warm zu begrüßen; denn sie stellt vieles für dieses Gebiet Wissenswerte zusammen. Sie wird gleichzeitig den Forstmann und den Techniker anregen; den Forstmann in bezug auf rationellere Arbeit, den Techniker in bezug auf Konstruktion und Herstellung geeigneterer Werkzeuge. [E 20] Adolf Busold.

Der Film in der Technik. Von R. Thun. 286 S. 8° m. 103 Abb., 1 Taf. und 40 Aufstellungen. Berlin 1925, VDI-Verlag. Preis geb. Gm. 12.

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, dem Ingenieur zu zeigen, welch wichtiges Hilfsmittel für ihn das Laufbild werden kann und ihn mit diesem Hilfsmittel vertraut zu machen; denn wer das Kinobild technischen Zwecken nutzbar machen will, muß neben der allgemeinen Kenntnis des Aufnahmekinematographen und des Kinoprojektors noch eine Reihe von Dingen kennen und zu werten verstehen, die ohne Bedeutung sind für den, der die gebräuchlichen Straßen- und Theaterszenen dreht. Wir finden deshalb schon auf den ersten Seiten eine ausführliche Besprechung der Bewegungsfälschungen, die bei der Aufnahme umlaufender Maschinenteile außerordentlich störend werden können, und lernen die Mittel kennen, um diese Schwierigkeiten, die schon mancherorts die technischen Kinobilder in Verruf zu bringen drohten, zu umgehen. Weiter gibt der erste Teil des Buches eine gedrängte Übersicht der photographischen und optischen Grundlagen, soweit sie für den Techniker notwendig sind, der mit dem Kinogerät zu arbeiten beabsichtigt.

Besonders eingehend beschäftigt sich das Buch mit der Prüfung der Objektive. Da bei den technischen Aufnahmen die Beleuchtungsverhältnisse oft weit ungünstiger als bei andern Kinoaufnahmen sind, so fordern Auswahl und Ausnutzung der Objektive für diesen Zweck erhöhte Aufmerksamkeit. Eine Zusammenstellung der für technische Aufnahmen besonders brauchbaren Kinokameras und der übrigen Hilfsgeräte beschließt diesen Teil.

Die zweite Hälfte des Buches ist der Anwendung des Filmes auf die besondern Aufgaben der Technik gewidmet. Für viele Aufnahmen aus diesem Gebiet ist die Kenntnis der genauen Zeiten, zu denen sie gemacht sind, oder der Zeitunterschiede zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Aufnahmen von großer Bedeutung. Wir erfahren deshalb Ausführliches über die Mitaufnahme der Zeit, die einige gerade dem technischen Film eigentümliche Sonderapparate nötig macht. Ein technisches Gebiet, wo der Film in hervorragendem Maße berufen ist, dem Ingenieur neue Gesichtspunkte zu erschließen, das Studium der menschlichen Arbeitsbewegungen, ist eingehend behandelt.

Wer sich mit derartigen Studien beschäftigt, dürfte aus diesem Buch manche wertvolle Anregung entnehmen. Ein ausführliches Verzeichnis der einschlägigen deutschen Literatur bietet die Möglichkeit, auf die benutzten Quellen zurückzugehen und zeigt gleichzeitig, daß die Kinotechnik den ernstlichen Versuch macht, in wissenschaftlicher Arbeit den älteren technischen Gebieten nachzueifern. [E 65] Dr. Forch.

Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik. I. Autogene Schweiß- und Schneidtechnik. Von Schimpke-Horn. Berlin 1924, Julius Springer. 134 S. m. 111 Abb. u. 3 Zahlentaf. Preis Gm. 6,90.

Die Verfasser wollen ein Handbuch der gesamten Schweißtechnik herausgeben, das nur geringe Vorkenntnisse voraussetzt. Sie wollen ferner eine Lücke in der an sich nicht armen Fachliteratur beseitigen und dem Betriebsleiter, Schweißer oder Handwerker einen wirklichen Berater an die Hand geben.

Am besten scheint diese Absicht im 2. (Haupt-)Abschnitt gelungen, der auf rd. 60 Seiten die Schweißgase, -einrichtungen und geräte, ihre Behandlung und das Schweißzubehör behandelt. Sehr gut und inhaltreich sind die Ausführungen über das wichtigste Schweißgas: Azetylen, worüber selbst manche Großverbraucher noch unklar sind. Die klaren und eingehenden Ausführungen über die Azetylenerzeugung, ihre hauptsächlichen Störungen und deren Ursachen werden dazu beitragen, manche Mißerfolge und Betriebsunfälle zu verhüten. Die Technik des autogenen Schweißens ist ebenfalls klar dargestellt; dieser Teil umfaßt die Schweißung sämtlicher Eisenarten und der Metalle sowie die Lötung.

Bei einer Neubearbeitung wäre eine größere Berücksichtigung der Metallurgie und Metallographie der Schweiße erwünscht. An verschiedenen Stellen des Buches (Handhabung der Brenner, Eigenschaften und Schweißarbeit von Schmiedeisen und Stahl, Aussehen der Schweißnaht, Einfluß der Zusammensetzung des Schweißguts) werden die Ursachen und die Folgen fehlerhafter Ausführung der Schweißung und der Einfluß des zu schweißenden Werkstoffes angedeutet; zahlreichere Darstellungen guter, einwandfreier Schweiße, solche mit falscher Flammeneinstellung oder zu großem (kleinem) Brenner, kennzeichnende Makro- und Mikrophotographien würden zum Verständnis beitragen, zumal wenn die Ursachen guter und schlechter Arbeit bei Flußeisen-, Grauguß- und Metallschweißungen angegeben würden. Für den Betriebsleiter und Konstrukteur wären Angaben über Festigkeit von Schweißungen und Schweißverbindungen sehr erwünscht.

Die Zahlen über Leistungen und Kosten der Schweiß- und Schneidverfahren sind aus der Praxis entnommen und enthalten wertvolle Angaben. Ein Sachverzeichnis erleichtert die Benutzung des Buches, dessen Gebrauch jedem, der mit Schweißungen zu tun hat, empfohlen werden kann.

[E 70] Dr.-Ing. Hans Neese.

Das Sprengluftverfahren. Von Bergassessor Leopold Lisse. Berlin 1924, Julius Springer. VII, 109 S. m. 108 Abb. Preis Gm. 5.

Der Verfasser, selbst Bergmann, gibt seinem Buch den Untertitel „25 Jahre Sprengluftverfahren 1898 bis 1923". Es ist erfreulich, daß er die Verdienste, die sich Linde um das Sprengluftverfahren erworben hat, hervorhebt; denn Lindes Anregung ist die Grundlage der heutigen Entwicklung dieses Gebietes der Technik.

Das Buch ist durch seine praktische Darstellungsweise sehr gut geeignet, weitere Kreise des Bergfachs mit den Einzelheiten des Sprengluftverfahrens vertraut zu machen. Wenn auch die Maschinen zur Herstellung von flüssigem Sauerstoff im Rahmen des Buches nicht umfassend beschrieben werden konnten, so genügt das Gebotene doch, den Bergmann auch hierüber im allgemeinen zu unterrichten.

In den ausführlicheren Abschnitten über Transport- und Tauchgefäße für die Patronen, über die Patronen selbst, über Zünder, Zündmaschinen usw. bringt der Verfasser wertvolle Angaben, von denen man wohl sagen darf, daß sie aus der Praxis für die Praxis geschrieben sind. Das gleiche trifft in vielleicht noch höherem Maß auf die ausführlichen Angaben zu, die über die praktische und namentlich die bergbauliche Verwendung des Sprengens mit flüssiger Luft oder flüssigem Sauerstoff gemacht werden.

Nachdem das Sprengluftverfahren lange Jahre nahezu ohne praktische Anwendung geblieben war (es wurde bei den Sprengungen im Simplon verwandt), brachten es die Kriegsjahre, wo feste Sprengstoffe für die Front gebraucht wurden, mit sich, daß sich das Sprengluftverfahren als Ersatz für die bisherige Arbeitsweise eingeführt hat. Hieran waren auch Baldus-Kowatsch beteiligt, die schon vor dem Krieg in den Rüdersdorfer Kalkbergen durch Versuche und Vorführungen das Sprengen mit flüssiger Luft zu beleben gesucht hatten. Die großen Erfahrungen, die im vorliegenden Buch niedergelegt sind, zeigen die Fortschritte des Sprengens mit flüssiger Luft in der Zwischenzeit, woran der Verfasser lebhaft mitgearbeitet hat.

Wer sich über das Sprengen mit flüssigem Sauerstoff unterrichten will, dem wird das Buch ein willkommener Behelf sein.
[E 63] Obering. R. Pabst.

Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage. Von Karl Therzaghi. Leipzig u. Wien 1925, Franz Deuticke. 391 S. m. 65 Abb. Preis Gm. 14,70.

Beton und Eisenbeton im Eisenbahnbau. Von Rob. Otzen. Zement-Verarbeitung Heft 19. Herausgegeben von Dr. Riepert. Charlottenburg 1925, Zementverlag G. m. b. H. 166 S. m. 93 Abb. Preis Gm. 2,50.

Brücken in Eisenbeton. Ein Leitfaden für Schule u. Praxis. Von C. Kersten. T. 3: Rechnungsbeispiele für Balkenbrücken. Berlin 1925, Wilh. Ernst & Sohn. 101 S. m. 139 Abb. Preis Gm. 4,80.

Technische Praxis. **Verwitterung in der Natur und an Bauwerken.** Von Vincenz Pollack. Allgemeiner Teil. Wien 1923, Waldheim-Eberle A.-G. 580 S. m. 120 Abb. Preis Gm. 4,50.

Les Lignites et leurs Applications industrielles. Von Edmond Marcotte. Paris 1925, Gauthier-Villars & Cie. 327 S. m. 70 Abb. Preis Fr 20.

Mechanische Technologie der Metalle u. des Holzes. Von Theobald Demuth. 4. verb. Aufl. Leipzig u. Wien 1924, Franz Deuticke. 330 S. m. 629 Abb. Preis Gm. 8,40.

Die Fermente u. ihre Wirkungen. Von Carl Oppenheimer. Nebst einem Sonderkapitel: Physikalische Chemie u. Kinetik. Von Richard Kuhn. 5. völlig neubearb. Aufl. Lieferung 4. Leipzig 1924, Georg Thieme. S. 481 bis 640 m. versch. Abb. Preis Gm. 8,40.

Lehrbuch der Physik in elementarer Darstellung. Von Arnold Berliner. 3. Aufl. Berlin 1924, Julius Springer. 645 S. m. 734 Abb. Preis Gm. 18,60.

Qualitative Analyse auf präparativer Grundlage. Von W. Strecker. 2. erg. u. erw. Aufl. Berlin 1924, Julius Springer. 199 S. m. 17 Abb. Preis Gm. 6,60.

Berufsberatung, Berufsauslese, Berufsausbildung. Beiträge zur Förderung des gewerblichen Nachwuchses. Herausgeg. v. d. Reichsarbeitsverwaltung. Berlin 1925, Reimar Hobbing. 319 S. m. zahlr. Abb. Preis Gm. 10.

Das Klein-Auto für den Selbstfahrer. Von Rich. Hofmann. Berlin-Charlottenburg 1925, C. J. E. Volckmann Nachf. 256 S. m. 96 Abb. Preis Gm. 3. (Volckmanns Kraftfahrer-Bibliothek Bd. 10.)

Kalender der Deutschen Funkfreunde 1925. Bearb. v. Karl Mühlbrett, Friedr. Schmidt u. H. G. Möller. Jg. 1. Berlin 1925, Julius Springer. 120 S. m. 54 Abb. Preis Gm. 2.

Hallesche Maschinenfabrik u. Eisengießerei, Halle a. d. S. 1872 bis 1922. Berlin, Eckssteins Biographischer Verlag. 72 S.

ANGELEGENHEITEN DES VEREINES.

64ste Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure zu Augsburg und München, 9. bis 11. Mai 1925.

Sonnabend, den 9. Mai 1925

Versammlung des Vorstandsrates.

Zeit: Vormittag 8,30 Uhr. Ort: Goldener Saal (Rathaus).

TAGESORDNUNG:

1. Eröffnung. Anwesenheitsliste. Schriftführer. Beglaubiger der Niederschriften.
2. Geschäftsbericht der Direktoren.
3. Wahlen
   a) des Vorsitzenden,
   b) eines Beigeordneten,
   c) zweier Rechnungsprüfer und zweier Stellvertreter,
   d) der Mitglieder und Stellvertreter des Wahlausschusses,
   e) dreier Mitglieder des Kuratoriums der Ingenieurhilfe.
4. Ehrungen.
5. Anträge auf Änderung der Satzung und Geschäftsordnung.
   a) Mitgliederzahl des Vorstandsrates (§ 31).
   b) Nr. 3 der Geschäftsordnung (Eintrittsgeld).
   c) Antrag des Lenne B.-V. auf Änderung der Nr. 6 der Geschäftsordnung (Überweisungen des Gesamtvereines an die Bezirksvereine).
6. Antrag des Lenne B.-V. auf Bildung von Ingenieurkammern.
7. Geschäftliches.
   a) Rechnung des Jahres 1924; Bericht der Rechnungsprüfer.
   b) Jahresbericht des Kuratoriums der Ingenieurhilfe.
   c) Festsetzung des Beitrages für das Jahr 1926.
   d) Festsetzung des Eintrittsgeldes.
   e) Mitteilungen der Bezirksvereine.
   f) Haushaltplan.
   g) Ort der Hauptversammlung 1926.

Falls erforderlich, findet die Fortsetzung der Versammlung am 10. Mai 1925, vormittag 8 Uhr statt.

Die Verhandlungen über etwaige von der Hauptversammlung an den Vorstandsrat zur endgültigen Beschlußfassung zurückverwiesene Beschlüsse (Satzung §§ 32 und 44) finden gegebenenfalls am Sonntag, dem 10. Mai 1925, nachmittag 1 Uhr statt.

Sonntag, den 10. Mai 1925

Hauptversammlung.

Geschäftliche Verhandlungen (nur für Vereinsmitglieder).

Zeit: Vormittag 9 Uhr. Ort: Ludwigsbau.

TAGESORDNUNG:

1. Geschäftsbericht der Direktoren.
2. Bericht der Rechnungsprüfer. Genehmigung der Rechnung des Jahres 1924 und Entlastung des Vorstandes.
3. Wahl zweier Rechnungsprüfer und ihrer Stellvertreter für die Rechnung des Jahres 1925.
4. Änderung der Satzung. Neuregelung der Mitgliederzahl des Vorstandsrates.
5. Entgegennahme und Besprechung des Berichtes über die Verhandlungen, Wahlen und Beschlüsse des Vorstandsrates.

Wissenschaftliche Verhandlungen. **Zeit: Vormittag 10,15 Uhr. Ort: Ludwigsbau.**

1. Eröffnungsansprache des Vorsitzenden. 2. Begrüßungen. 3. Ehrungen. 4. Vorträge:

Prof. Dr.-Ing. Nägel, Dresden: „Technisch-wissenschaftliche Forschungsarbeiten in den Vereinigten Staaten von Amerika", Generaldirektor Dipl.-Ing. Pöppelmann, Augsburg: „Industrialisierung der Landwirtschaft."

Wissenschaftliche Fachsitzungen. **Zeit: Nachmittag 2,30 Uhr.**

Sonnabend, den 9. Mai 1925

Dieselmaschinen. — Erziehungswesen. — Neuzeitliches Herstellungsverfahren (Fließende Fertigung). } Gleichzeitig in 3 verschiedenen Sälen.

Sonntag, den 10. Mai 1925

Vergasung und Entgasung. — Technik in der Landwirtschaft. — Dampfkesselwesen. } Gleichzeitig in 3 verschiedenen Sälen.

Montag, den 11. Mai 1925

Besuch des neueröffneten Deutschen Museums in München.

Begrüßung durch das Museum und den Bayr. Bezirksverein. Zeit: Vormittag 10 Uhr

Technische Besichtigungen am Dienstag, dem 12. Mai 1925.

Das ausführliche Programm wird in den V. d. I.-Nachrichten vom 11. März 1925 veröffentlicht werden.

Der Vorsitzende des Vereines deutscher Ingenieure.

Dr. G. Klingenberg.

I N H A L T :

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

NR. 11 SONNABEND, 14. MÄRZ 1925 BD. 69

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 360.

Die experimentelle Forschung im Wasserkraftfach[1]).

Von Prof. Dr.-Ing. D. Thoma, München.

Entwicklung des Versuchswesens in Deutschland. Beginn planmäßiger Versuche 1880. Gegenwärtig 13 Versuchsanstalten. Verfahren der Forschung. Prinzip der Superposition kleiner Variationen. Die Schaufelflächen können durch Gleichungen mit Parametern dargestellt werden. Dimensionslose Koeffizienten zur Darstellung der Versuchsergebnisse. Einige Ergebnisse bei Propellerturbinen; bei großen Turbinen sind Wirkungsgrade von gut über 90 vH bei hoher spezifischer Winkelgeschwindigkeit erreichbar. Das Problem der Kavitation; das Ähnlichkeitsgesetz der Kavitation; Ergebnis von Kavitationsversuchen; bei Beginn der Kavitation kann der Wirkungsgrad zunehmen. Andre Verfahren und Aufgaben. Hydrotechnische Modellversuche mit Bauwerken. Fortschritt der theoretischen und experimentellen Verfahren.

Abb. 1. Die Gothaer Versuchsanstalt von Fritz Neumeyer, A.-G., München.

Entwicklung des Versuchswesens in Deutschland.

Seit Euler ist die Theorie der Wasserturbinen ein bevorzugtes Feld der Forschung gewesen. Die ersten Turbinenbauarten waren auch so gut wie ausschließlich auf theoretische Betrachtungen gegründet. Bei der Entwicklung des Wasserturbinenbaues in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts wurde aber von einsichtigen Ingenieuren bald erkannt, daß die Theorie, wenn auch in sich folgerichtig aufgebaut, infolge der ihr zugrunde liegenden vereinfachenden und nicht genau zutreffenden Annahmen den sehr verwickelten Erscheinungen der Wirklichkeit nicht gerecht zu werden vermag und durch planmäßig angestellte Versuche ergänzt werden muß. Diese Einsicht führte schon vor mehr als 40 Jahren zur Gründung der ersten deutschen Versuchsanlage in der Nähe von Gotha in Mitteldeutschland durch W. Hansen.

In der Folgezeit sind in Deutschland viele Versuchsanstalten entstanden; die größeren Firmen haben schon seit Jahrzehnten den Grundsatz aufgestellt, daß keine Turbine geliefert werden darf, ohne daß vorher eine geometrisch ähnliche, verkleinerte Versuchsturbine geprüft worden ist. Die Umrechnung der in den Versuchsanstalten gefundenen Werte für die größeren Abmessungen und Gefälle der Anlagen hat sich als sehr zuverlässig erwiesen. In den seltenen Fällen, bei denen Abweichungen auftraten, wurde festgestellt, daß mangelnde geometrische Ähnlichkeit zwischen Modell und Ausführung die Ursache war. Die Steigerung der Wirkungsgrade bei Vergrößerung der Abmessungen kann als Berichtigung eingeführt werden; die dafür von Camerer angegebenen Formeln haben sich als ungefähr richtig erwiesen. Es ist deswegen zulässig, mit verhältnismäßig kleinen Versuchsrädern zu arbeiten, und wegen der geringeren Kosten auch zweckmäßig.

Die Tatsache, daß der ganze deutsche Turbinenbau seit langer Zeit auf die Versuchsforschung gegründet ist, findet merkwürdigerweise in der Literatur keinen genügenden Ausdruck. In den technischen Zeitschriften sind zwar viele Versuchsarbeiten beschrieben[2]) und Berichte über Ver-

[1]) Beitrag zur Weltkraftkonferenz in London 1924

[2]) u. a. Z. Bd. 48 (1904) S. 1061, Bd. 53 (1909) S. 1832 u. f. Bd. 55 (1911) S. 993 u. f., Bd. 63 (1919) S. 578 u. f.

Zahlentafel 1.

Versuchsanstalten von Wasserturbinenfirmen.

Firma	Name oder Lage der Anstalt	Erbaut im Jahre	Versuchsgefälle m	größte Wassermenge l/s	Zahl der Prüfstände	Bemerkungen
Fritz Neumeyer A.-G., München mit Werk Briegleb, Hansen & Co., Gotha	Mechterstädt	1880	2,5	600	1	aufgel. 1884
	Sundhausen	1884	2,25	600	1	„ 1914
	Gotha	1913 bis 14	4,5	1200	2	
	Kleinversuchsanst. Gotha	1913	30	120	1	
F. Schichau, Elbing		1920 bis 21	11,1	2400	2	
J. M. Voith, Heidenheim	Buttenbach a. Nagold	1895	6,0	5000	1	aufgel. 1904
	Itzelberg a. Brenz	1896	2,6 280	2500 20	1	„ 1899
	Bleiche, Heidenheim	1900	1,6 bis 1,9	4500	1	„ 1908
	Hermaringen	1907 bis 08	2,0 bis 5,8	10000	2	
	Brunnenmühle	1908 bis 09	6 bis 100	450	5	
	Modellversuchsanst. Brunnenmühle	1918 bis 19	2,0 bis 3,0	280	1	Im Umbau begriffen für Gefälle bis 10 m und Wassermengen bis 540 l/s.

Versuchsanstalten von Technischen Hochschulen.

Hochschule	Vorstand der Versuchsanstalt	Erbaut im Jahre	Versuchsgefälle m	Größte Wassermenge l/s	Zahl der Prüfstände
Charlottenburg	Prof. E. Reichel	1904 bis 06	1,56 6 400	2500 300 50	1 2
Danzig	Prof. Schulze-Pillot	1910	4.3 28	130 12	2
Darmstadt	Prof. Wagenbach	1903 bis 04	5,5 70 300	1000 20 7,5	5
Dresden	Prof. Lewicki	1900 bis 02	4 100	1200 26	5 1
Hannover	Prof. Österlen	1913 bis 14 1919 bis 21	5 30	900 100	6
Karlsruhe	Prof. Spanhake	1923 bis 24	4,5	125	1
München	Prof. D. Thoma	1911 bis 14	5,5 18	2200 1100	4 1

Versuchstände für Spurlager.

Firma	Lage der Welle	Belastung bis	Drehzahl bis
Fritz Neumeyer A.-G., München	senkrecht	250 t	350 Uml./min
J. M. Voith, Heidenheim	„	45 „	600 „ „
	wagerecht	15 „	1000 „ „

suchsarbeiten veröffentlicht worden); in den Lehrbüchern findet man darüber jedoch wenig erwähnt, und manche Lehrbücher verleiten geradezu zu der Meinung, als sei es möglich, Turbinen, selbst solche von hoher spezifischer Drehzahl, mit Hilfe der Theorie allein zuverlässig zu entwerfen. Dieser Umstand mag bisweilen zu einer unrichtigen Beurteilung des deutschen Wasserturbinenbaues geführt haben.

Zahlentafel 1 enthält eine Zusammenstellung der deutschen Wasserturbinen-Versuchsanstalten, soweit ich Angaben über sie erhalten konnte. Es sei bemerkt, daß Firmen, die keine eigenen Versuchsanstalten besitzen, vielfach die Laboratorien der Technischen Hochschulen heranziehen.

Die verschiedenen Forschungsverfahren.

Um eine vorhandene Turbinenform zu verbessern, baut man eine etwas geänderte Versuchsturbine und ermittelt durch Versuche die Veränderung ihrer Eigenschaften. Ein planloses Ändern führt aber nur unsicher vorwärts. Hier hat sich ein Verfahren bewährt, das ich als „Prinzip der Superposition kleiner Variationen“ bezeichnet habe: Aus einer vorhandenen Schaufelform werden durch Hinzufügung verschiedener kleiner „Variationen“ einige neue Formen abgeleitet; durch Versuch werden die dadurch bewirkten Veränderungen der hydraulischen Eigenschaften bestimmt, die zum Teil günstig, zum Teil ungünstig sein werden. Man sucht nun die günstigen Schaufeländerungen heraus, bringt sie überlagert an der Ausgangsform an und darf erwarten, daß auch die Wirkung der einzelnen Variationen sich überlagert hat, also ein besseres Laufrad entstanden ist, das als Ausgangspunkt zur Wiederholung des Verfahrens dienen kann.

Diesem Verfahren stehen verschiedene Schwierigkeiten entgegen: Einerseits trifft das Überlagerungsgesetz nur zu, wenn die Variationen klein sind; die Änderungen der hydraulischen Eigenschaften sind deswegen auch nur gering, so daß sehr gute Meßeinrichtungen erforderlich sind, um sie verhältnismäßig genügend genau zu messen. Diese Schwierigkeit ist durch Verbesserung der Meßverfahren überwunden worden. Anderseits ist es auch schwierig, die Überlagerung der einzelnen Schaufeländerungen zeichnerisch auszuführen, wenn man die Schaufelflächen durch Kurvenscharen darstellt.

Hier hat Dr. Lawaczeck einen Fortschritt erreicht. Er kam auf Grund einer Theorie dazu, die Schaufelform für Propellerturbinen durch eine Gleichung darzustellen, die einige (2 bis 3) Parameter enthält. Eine Änderung der Schaufelfläche kann jetzt durch die Änderung eines Parameters bestimmt werden; die Überlagerung verschiedener Schaufeländerungen wird durch gleichzeitige Änderung der Parameter geleistet und ist dadurch in einfacher und eindeutiger Weise möglich. Die Beurteilung der verschiedenen Versuchsergebnisse ist — da die Form der Schaufelfläche durch wenige Zahlen angegeben wird — außerordentlich erleichtert, das planmäßige Ordnen der Ergebnisse überhaupt erst ermöglicht. Damit ist ein erheblicher versuchstechnischer Vorteil erreicht, der zweifellos zu dem Erfolg der Lawaczeckschen Arbeiten wesentlich beigetragen hat.

Ich glaube, daß dieses Verfahren ohne Beschränkung auf eine Sondertheorie, und auch für andere Formen als die von Dr. Lawaczeck besonders angewendeten, für die Verbesserung der Wasserturbine fruchtbar sein wird.

Darstellung der Versuchsergebnisse.

Der Vergleich der in den verschiedenen Ländern erreichten Ergebnisse wird durch die Verschiedenheit der Maßeinheiten erschwert. Vieles in den zur Kennzeichnung verwendeten Koeffizienten ist überhaupt willkürlich; so wird z. B. bei der spezifischen Drehzahl die Leistung (im metrischen System) auf 75 mkg in der Sekunde bezogen, während die Drehzahl auf die Minute gerechnet wird. Deswegen schlage ich vor, zur Kennzeichnung dimensionslose Koeffizienten zu wählen.

Die spezifische Winkelgeschwindigkeit ω_s kann als die Winkelgeschwindigkeit einer Turbine bezeichnet werden, die unter dem Gefälle 1, betrieben mit einer Flüssigkeit von spezifischen Gewicht 1, im Schwerefelde 1 die Leistung von einer Gewichteinheit $\times$ Längeneinheit in der Zeiteinheit abgibt. Ist A die Leistung irgendeiner Turbine $\left(\frac{\text{Gewichteinheit} \times \text{Längeneinheit}}{\text{Zeiteinheit}}\right)$, ω ihre Winkelgeschwindigkeit, H das Gefälle, g die Erdbeschleunigung und γ das spezifische Gewicht des Wassers, so wird

$$\omega_s = \frac{\omega \sqrt{A}}{H^{5/4} \, g^{3/4} \, \gamma^{1/2}} .$$

ω_s ist dimensionslos, der Wert also unabhängig von der Wahl der Maßeinheiten. Durch Ausrechnung für $g = 9{,}81$ m/s² und $\gamma = 1000$ kg/m³ findet man folgende Beziehung zu den üblichen Koeffizienten:

$$n_s \text{ (metrisch)} = 193{,}3\ \omega_s$$
$$n_s \text{ (Fuß-Pfund-Maße)} = 43{,}47\ \omega_s.$$

Eine Turbine von normaler spezifischer Drehzahl hat also ungefähr die spezifische Winkelgeschwindigkeit 1.

In ähnlicher Weise können die Leistung, der Wasserverbrauch und die Winkelgeschwindigkeit unter Berücksichtigung des Laufraddurchmessers D durch die dimensionslosen Koeffizienten

$$K_N = \frac{A}{D^2 H \gamma \sqrt{g H}} \qquad \frac{K_N}{K_Q} = e$$
$$K_Q = \frac{Q}{D^2 \sqrt{g H}} \qquad K_\omega \sqrt{K_N} = \omega_s$$
$$K_\omega = \frac{\omega D}{\sqrt{g H}}$$

dargestellt worden. Mit den üblichen Koeffizienten N_1', Q_1' und n_1', die die Leistung (PS), den Wasserverbrauch und die Drehzahl für den Laufraddurchmesser 1 und das Gefälle 1 angeben, besteht folgender Zusammenhang:

$$K_N = 0{,}02395\ N_1' \text{ (metrisch)} = 1{,}553\ N_1' \text{ (Fuß-Pfund-Maße)},$$
$$K_Q = 0{,}3193\ Q_1' \text{ (metrisch)} = 0{,}1763\ Q_1' \text{ (Fuß-Pfund-Maße)},$$
$$K_\omega = 0{,}03343\ n_1' \text{ (metrisch)} = 0{,}01846\ n_1' \text{ (Fuß-Pfund-Maße)}.$$

Es ist zu hoffen, daß durch die Annahme der vorgeschlagenen dimensionslosen Koeffizienten der internationale Austausch von Erfahrungen angeregt wird.

Einige Versuchsergebnisse.

Die Fritz Neumeyer A.-G., München, hat sich seit 1920 (anfänglich zusammen mit Dr. Lawaczeck) mit der Entwicklung der Propellerturbine beschäftigt. Eine in ihrer Gothaer Versuchsanstalt, Abb. 1, untersuchte Propellerturbine für verhältnismäßig niedrige spezifische Winkelgeschwindigkeit hat die in Abb. 2 dargestellten Wirkungsgrade ergeben.

Die Wirkungsgrade einer von der Firma J. M. Voith, Heidenheim, erbauten und in Hermaringen geprüften Propellerturbine für höhere spezifische Winkelgeschwindigkeit sind in Abb. 3 dargestellt.

Abb. 2. Wirkungsgrade einer Propeller-Turbine von Fritz Neumeyer, A.-G., München, in Hundertteilen, gemessen an einem Laufrad von 460 mm Durchmesser.

Abb. 3. Wirkungsgrade einer Propeller-Turbine von J. M. Voith, Heidenheim, in Hundertteilen, gemessen an einem Laufrade von 700 mm Durchmesser.

Die Firma Voith hat sich auch mit der Entwicklung der Kaplanturbine beschäftigt und dabei gegenüber der ursprünglichen Form die aus Abb. 4 hervorgehende Verbesserung erreicht.

Wenn man die bei der Vergrößerung der Laufräder entstehende Verbesserung der Wirkungsgrade beachtet, darf man aus diesen Versuchsergebnissen schließen, daß heute ein Wirkungsgrad von 90 vH mit großen Turbinen bei $\omega_s = 2{,}5$ mit Sicherheit erreicht, bei geringerem ω_s mit Sicherheit übertroffen werden kann, vorausgesetzt natürlich, daß die Gesamtanordnung der Anlage hydraulisch günstig ist. Dies stimmt mit den in Amerika erzielten Ergebnissen überein. Ein ernstes Hindernis für die Erreichung hoher Wirkungsgrade und hoher spezifischer Winkelgeschwindigkeiten ist jedoch die Kavitation.

Die Frage der Kavitation.

In allen Ländern ist man seit einigen Jahren auf die unangenehmen Erscheinungen aufmerksam geworden, die bei zu großem Sauggefäll auftreten. Bei den meisten Anlagen ist ja ein großes Sauggefäll im Hinblick auf die Gründung der Maschinenhäuser erwünscht, bisweilen ist es maßgebend für die ganze Anordnung des Kraftwerkes. Leider gestehen immer wieder Turbinenfirmen solchen Bestellern, die von diesen Dingen wenig verstehen, zu große Sauggefälle zu und schaden dadurch sich selbst sowohl wie ihren Kunden.

Bei zu hohen Sauggefällen treten Hohlräume wahrscheinlich zuerst hinter den Enden der Laufradschaufeln auf, bei Rädern mit hoher Umfangsgeschwindigkeit vielleicht auch kurz hinter den Eintrittkanten, insbesondere

Abb. 4. Wirkungsgrad-Kurven zweier Kaplan-Turbinen von J. M. Voith.
Untere Kurve = Ausgangsform, obere Kurve = verbesserte Form.

wenn Drehzahl oder Beaufschlagung ungewöhnlich sind oder die Schaufeln dick und vorne nicht schlank genug sind. Bei weiterer Erhöhung des Sauggefälles bildet sich wahrscheinlich an der ganzen dem Saugrohr zugekehrten Fläche der Schaufel ein großer Hohlraum aus. Der Schaden dieser Hohlraumbildungen ist von dreifacher Art. Erstens ändert sich die Wasserströmung, so daß Leistung und Wirkungsgrad herabgehen können; vielleicht reicht hierzu schon ein ganz kleiner Hohlraum an der Austrittkante aus. Zweitens bewirkt die Hohlraumbildung Ausscheidung der im Wasser gelösten Gase, vorwiegend des Sauerstoffes, der bei höheren Gefällen die Schaufeln angreift, wenn die schützende Oxydhaut immer wieder durch das schnellfließende Wasser fortgeschlagen wird. Dies scheint vorauszusetzen, daß der Hohlraum zeitlich veränderlich ist. Drittens kann Lärm auftreten — angefangen vom leisen Knistern bis zu schweren, den Bestand der Maschinen und Bauwerke gefährdenden Erschütterungen. Lärm entsteht, wenn Teile der Hohlräume vom Wasserstrom abgerissen werden und sich in Gebieten höheren Druckes plötzlich ausfüllen.

Eine besondere Art ist die nicht unmittelbar am Laufrad entstehende Kavitation bei sehr ungünstiger Beaufschlagung oder Drehzahl, wobei c_{u_2} groß ist: Da c_u bei der Annäherung an die Achse umgekehrt proportional mit dem Abstand zunimmt, entstehen in der Nähe der Achse sehr große Geschwindigkeiten und ein entsprechender Druckabfall, der zur Bildung eines zentralen Hohlraumes und zu starken Erschütterungen führen kann, Abb. 5. Als Gegenmittel gegen diese Erscheinung kann der zentrale, von unten aus dem Saugraum an die Laufradnabe herantretende Kern gelten, der von amerikanischen Ingenieuren eingeführt wurde und auch in anderer Hinsicht günstig sein dürfte.

Theoretisch kann man über die Kavitation mancherlei ermitteln, besonders bei Propellerturbinen, für die man die Messungen über die Druckverteilung an Flugzeugtragflächen benutzen kann. Eine sichere Beurteilung wird aber auch hier nur der Versuch ermöglichen. Da man solche Versuche — ebenso wie die gewöhnlichen Bremsversuche — meist nur mit kleineren Turbinen und kleineren Gefällen vornehmen kann, muß man nach einem Umrechnungsverfahren suchen.

Das Ähnlichkeitsgesetz für die Kavitation.

Es sei eine Turbine nach Abb. 6 angenommen, bei der der Oberwasserspiegel (Lage 0) zunächst ebenso hoch wie der Unterwasserspiegel liegt, das Gesamtgefälle also $H = 0$ ist. Rohrleitung, Turbine und Saugrohr seien vollständig mit Wasser gefüllt. Wird das Sauggefälle (= Abstand des Laufrades vom Unterwasserspiegel) mit H_s und die barometrische Saughöhe (entsprechend Luftdruck abzüglich Dampfspannung des Wassers) mit H_a bezeichnet, so ist im Laufrad eine Reserve gegen Hohlraumbildung entsprechend einem Druck von $H_a - H_s$ vorhanden. Wird nun der Oberwasserspiegel erhöht, so bewirkt die entstehende Wasserströmung dynamische Druckerniedrigungen im Laufrad. Wenn bei einer Erhöhung des Oberwasserspiegels bis zur Lage 1, entsprechend dem Gesamtgefälle H_1, der Beginn der Kavitation festgestellt wird, so bedeutet dies, daß hierbei durch die dynamische Druckerniedrigung die frühere Reserve gerade aufgezehrt ist. Ohne über die Art der Wasserbewegung im Laufrad irgendwelche Annahmen zu machen, kann man angeben, daß die dynamische Druckerniedrigung proportional dem Gesamtgefälle H ist, wenn die Winkelgeschwindigkeit der Turbine proportional $\sqrt{H}$ geändert wird. Wird nun beispielsweise der Oberwasserspiegel auf die doppelte Höhe, in die Lage 2 gehoben, entsprechend dem Gesamtgefälle $H_2 = 2\,H_1$, so ist auch die dynamische Druckerniedrigung doppelt so groß; die Turbine würde bei diesem Gefälle wieder an der Grenze der Kavitation sein, wenn die ursprüngliche Druckreserve, $H_a - H_s$, ebenfalls doppelt so groß gewesen wäre. Für die Kavitation sind daher immer dieselben Bedingungen vorhanden, solange $\frac{H_a - H_s}{H}$ konstant ist. Dasselbe Ergebnis läßt sich auch aus den theoretischen Ableitungen entnehmen, die H. B. Taylor und L. F. Moody bei der hydro-elektrischen Konferenz in Philadelphia 1922 gebracht haben, und die auf einer besonderen Annahme für die Strömung beruhen.

Abb. 5. Zentraler Hohlraum bei großen Werten von c_{u_2}.

Abb. 6. Schematische Darstellung zur Ableitung des Ähnlichkeitsgesetzes der Kavitation.

Wenn man somit die dimensionslose Zahl

$$\sigma = \frac{H_a - H_s}{H}$$

als Maßstab für die zur Kavitation führenden Bedingungen annimmt, muß allerdings hinzugefügt werden, daß eine streng mechanische Ähnlichkeit zwischen Modell und Ausführung nur möglich ist, wenn das Verhältnis

$$\frac{\text{Laufraddurchmesser}}{\text{Gefälle}}$$

bei beiden gleich ist. Bei Nichterfüllung dieser Bedingung ist der statische Druck auf der Schaufelfläche der Versuchsturbine relativ in anderer Weise veränderlich als bei der Ausführung, doch dürften die Abweichungen, wenigstens bei Turbinen mit senkrechter Welle, meist unbeträchtlich bleiben. Wenn man sicher gehen will, muß man H_s auf den höchsten Punkt der Laufradschaufeln beziehen, sofern D bei der Ausführung größer ist als beim Modell. Bei den unten mitgeteilten Versuchsergebnissen ist das Sauggefälle auf den Schwerpunkt der Austrittskante der Laufräder bezogen.

Kavitationsversuche.

Die Firma Voith hat zwei Kaplanräder bei annähernd unverändertem Oberwasserspiegel und einstellbarem Unterwasserspiegel mit den aus Abb. 7 zu ersehenden Ergebnissen untersucht. Bei dem Rad mit größerer Schaufelfläche steigt der Wirkungsgrad bei wachsendem Sauggefälle von 81,3 auf 82,0 vH an. Die Firma schreibt diese Zunahme der relativen Abnahme der Reibungsverluste durch die Erhöhung des Gesamtgefälles zu; die unten mitgeteilten Versuche lassen aber auch noch andere Ursachen als möglich erscheinen.

In meinem Laboratorium habe ich eine Versuchsanordnung nach Abb. 8 eingebaut. In die Druckleitung zu der Spiralturbine ist kurz hinter dem Hochbehälter ein Schieber eingeschaltet, ebenso in die Abfalleitung am unteren Ende der senkrechten Strecke. Vor Beginn der Versuche wird die Luft hinausgedrückt, indem man den unteren Schieber schließt und den oberen öffnet. Bei den Versuchen selbst wird durch Drosselung an beiden Schiebern bewirkt, daß bei unverändert bleibendem Gesamtgefälle der absolute Druck am Saugrohrende verschiedene Werte annimmt. Wenn alles peinlich gedichtet ist und alle gefährlichen Stellen mit Wassersperrung versehen sind, bleiben auch während der Versuche alle Teile vollständig mit Wasser gefüllt. Das Gesamtgefälle wird mit Hilfe eines zwischen a und b eingeschalteten Quecksilber-Differentialmanometers, das Sauggefälle mit Hilfe eines bei b angeschlossenen einfachen Quecksilbermanometers gemessen. Die Anordnung gewährt also für die Turbine und das Saugrohr geometrisch richtige Verhältnisse und gleichzeitig die Möglichkeit, den absoluten Druck am Saugrohraustritt zu erniedrigen. Die Messungen waren sehr genau;

Abb. 7.
Ergebnisse von Kavitationsversuchen mit zwei Kaplan-Turbinen von J. M. Voith.

$\omega_s = 4{,}15$, Barometerstand 718 mm Hg, Wassertemperatur 14°

$$\varphi = \frac{\text{Projektion der Schaufelflächen}}{\frac{D_1^2\,\pi}{4} - \frac{D_2^2\,\pi}{4}}.$$

e = mechanischer Wirkungsgrad.

Ein Differential-Quecksilbermanometer ist zwischen a und b, ein Quecksilbermanometer bei b angeschlossen.
- *c* Hochbehälter
- *d* Überlaufkante
- *e* Schieber
- *f* Gleichstrom-Bremsdynamo
- *g* Riemenscheibe zum Antrieb des Tachographen
- *h* Saugrohr der Turbine
- *i* Saugkessel
- *k* Abfallrohr
- *l* Schieber
- *m* Spiralgehäuse d. Turbine
- *n* Meßgerinne
- *o* Überschußwasser-Ablauf

Abb. 8. Anordnung für Kavitationsversuche in der Versuchsanstalt der Technischen Hochschule München mit einer Spiralturbine von 180 mm Laufraddurchmesser.

da das Gesamtgefälle und die Leitschaufelöffnung konstant gehalten werden, bleiben beim Wechsel des Sauggefälles alle Fehlerquellen unverändert, so daß die V e r ä n d e r u n g e n der Leistung, Wassermenge und Drehzahlen sehr genau bestimmt werden können (Fehler kleiner als 0,1 vH). Für jedes Sauggefälle wurden drei Messungen bei etwas verschiedener Drehzahl gemacht, damit man für ein konstantes ω_s interpolieren kann. Um Zeiteinflüsse, z. B. durch fortschreitende Erwärmung der Lager und der Wicklungen des Stromerzeugers, auszuschalten, wurden die Messungen ohne Unterbrechung des Betriebes mehrmals wiederholt.

Zuerst wurde ein Francisrad mit $\omega_s = 1{,}55$ untersucht, und zwar sowohl bei der die Höchstleistung ergebenden Leitschaufelöffnung als auch bei der den Höchstwirkungsgrad ergebenden Öffnung. Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 2 dargestellt. Der Bereich starker Kavitation wurde

Zahlentafel 2.
Meßergebnisse des Münchener Laboratoriums.

a	H_s	3,28 m	7,71 m
	σ	0,656 „	0,192 „
	K_N	0,3530 „	0,3529 „
	K_Q	0,4446 „	0,4410 „
	e	0,7940 „	0,8002 „
b	H_s	3,14 m	7,61 m
	σ	0,671 „	0,202 „
	K_N	0,2926 „	0,2952 „
	K_Q	0,3474 „	0,3465 „
	e	0,8422 „	0,8512 „

$K_\omega = 2{,}61$ und Gesamtgefälle = 12,3 konst. Leitradöffnung konstant, und zwar bei a für Höchstleistung, bei b für höchsten Wirkungsgrad. Barometerstand 710 mm Q.-S. Wassertemperatur 10°. Die letzten klein gedruckten Ziffern sind unsicher.

nicht erreicht. Eine Beeinflussung der Leistungswerte ist gleichwohl deutlich zu bemerken, wenn auch in einer unerwarteten Richtung.

Sodann wurde ein Propellerrad mit $\omega_s = 2{,}58$ bei einem unveränderlichen Gesamtgefälle von 9,0 m im Bereich der Sauggefälle von — 0,15 m bis 7 m untersucht. Die Ergebnisse gehen aus Abb. 9 hervor. Geräusch trat bei $\sigma \leq 0{,}37$ auf.

Andere Verfahren zur Verbesserung der Laufräder.

Durch Beobachtung der Einzelheiten der Wasserströmung vor, in und hinter dem Laufrade kann man ungünstige Vorgänge erkennen und Mittel zur Abhilfe finden. Versuche, bei denen die Wasserströmung durch Pitotröhren gemessen wurde, sind verschiedentlich vorgenommen und veröffentlicht worden. Sie haben wertvolle Einblicke in die sehr verwickelten tatsächlichen Vorgänge ermöglicht. Messungen mit Pitotröhren leiden jedoch unter dem Nachteile, daß man bei nicht gleichmäßiger (= nicht stationärer) Strömung nur einen unbestimmten Mittelwert der Geschwindigkeiten erhält und sogar eine nicht gleichmäßige Strömung von hoher Frequenz nicht von einer gleichmäßigen unterscheiden kann. Ich glaube deswegen, daß die optische Beobachtung der irgendwie gefärbten Wasserfäden sehr wichtig ist, wenn man damit auch nur qualitative Ergebnisse erhält. Ich selbst habe früher einmal über Versuche berichtet, bei denen durch ein optisches Gerät das Bild der Austrittseite eines im Betriebe befindlichen Francisrades zur Ruhe gebracht wurde, so daß unmittelbare Beobachtung möglich war. Bei Francisturbinen kann man aber infolge der Überdeckung der Schaufeln und der Anwesenheit des äußeren Kranzes nur einen Teil der Strombahnen sehen. Viel besser liegen die Verhältnisse bei Propellerturbinen. Hier kommt auch die Verwendung stro-

Abb. 9. Versuchsergebnisse mit einem Propellerrad, wobei Gesamtgefälle = 9 m und Leitradöffnung unverändert gehalten wurden. Barometerstand 708 mm Hg, Wassertemperatur 10°.

boskopischer Verfahren bei Beobachtung von der Stirnkante der Schaufeln aus durch ein in der zylindrischen Begrenzung angebrachtes Glasfenster in Frage. Zurzeit wird in Deutschland in dieser Richtung gearbeitet, doch sind Ergebnisse noch nicht veröffentlicht worden.

Weitere Aufgaben der experimentellen Forschung.

Seitdem im Jahre 1906 der große Einfluß des Saugrohrkrümmers in der Versuchsanstalt Sundhausen entdeckt worden war, ist die Untersuchung von Saugrohren nicht abgebrochen worden. Nachdem bald darauf festgestellt wurde, daß verschiedene Laufräder eine sehr verschiedene Empfindlichkeit gegen den schädlichen Einfluß des Krümmers aufweisen, war es klar, daß die Saugrohre nicht allein für sich behandelt werden dürfen, sondern daß man immer die ganze Einheit: Turbine und Krümmer, untersuchen muß. Ähnliches dürfte für die Spiralgehäuse gelten, mit denen auch viele Versuche in den Versuchsanstalten vorgenommen worden sind. Diese Untersuchungen gehören also eigentlich noch zu den Laufraduntersuchungen.

In den Versuchsanstalten sind ferner weitergreifende hydraulische Aufgaben behandelt worden, die sich z. B. auf die Wirkung besonders geformter Rohreinläufe, auf den Gefällverlust bei Kanaleinläufen, auf die hydraulisch günstigste Anordnung von Bauwerken im Fluß und ähnliche Fragen beziehen. Die Theorie kann hier nicht viel ausrichten; man muß zum Versuch greifen, der, wenn die für Probleme mit freier Wasseroberfläche geltenden besonderen Modellregeln beachtet werden, sehr zuverlässige Aufschlüsse liefert und günstige Formen zu ermitteln gestattet. Leider ist über diese Versuche wenig veröffentlicht worden. Ich kann hier jedoch die vor kurzem erfolgte sehr dankenswerte Veröffentlichung der Mittleren Isar A.-G., München, über „Modellversuche über die zweckmäßige Gestaltung einzelner Bauwerke“ hervorheben.

Fortschritte der theoretischen und der auf Versuchen beruhenden Verfahren.

Seit dem Beginn der deutschen planmäßigen Versuchsarbeit im Jahre 1880 sind die theoretischen Hilfsmittel außerordentlich verbessert und verfeinert worden. In ungefähr gleichem Maße sind jedoch auch die Anforderungen der Praxis gewachsen und die zur Lösung der schwierigeren und verwickelteren Aufgaben durch Versuche verfügbaren Hilfsmittel verbessert worden. Das Verhältnis zwischen der Leistungsfähigkeit der Theorie zu der Leistungsfähigkeit des Versuchs ist ungefähr das gleiche geblieben. So sind sich heute auch alle einsichtigen Ingenieure bewußt, daß der wissenschaftlich und mit voller Beherrschung der neueren theoretischen Erkenntnisse geleitete Versuch zur Fortbildung unserer Kunst unentbehrlich ist. [B 903]

Erdgasleitungen in Galizien.

Infolge des allmählichen Ausfalles des der Erschöpfung entgegengehenden Hauptgewinnungsgebietes von Erdöl in Galizien und bei der schwierigen Wirtschaftslage, in der sich die galizische Erdölindustrie zur Zeit befindet, gewinnt in Polen die unmittelbare Verwendung von Erdgas zu Beleuchtungs- und Beheizungszwecken neben der Verwertung bei der Gasolinherstellung immer mehr an Bedeutung. Das Gas wird entweder in den Grubenanlagen verfeuert oder durch Röhrenleitungen den benachbarten größeren Ortschaften oder Industriegebieten zugeführt.

Außer den vom Staat seit 1921 in Gebrauch genommenen Erdgas-Röhrenleitungen im westgalizischen Grubenbezirk zwischen Jaslo, Krosno und Gorlice ist ein Netz zwischen Stryj und Drohobycz bei Daszawa vorhanden, das einer Lemberger Aktiengesellschaft gehört. Seit 1919 hat man drei Sonden gebohrt, aus deren tiefster (734 m) dauernd etwa 110 m³ Gas in 1 min ausströmen. Im April v. J. ist die Erdgasleitung von Daszawa nach Stryj, 12 km lang, in Betrieb genommen und, da für die Beleuchtung der Stadt und Heizung der Fabriken nur ein Teil verbraucht wird, um 24,5 km bis nach Drohobycz verlängert worden. Sollte auch hier noch ein Überschuß vorhanden sein, so wird das Gas auf einer bereits bestehenden Leitung nach dem hauptsächlich im Winter an Gasmangel leidenden Boryslaw geleitet. Eine andere Leitung hat man von Daszawa nach dem 5 km entfernten Bahnhof Chodowice gelegt, um das für die Beleuchtung der Eisenbahnwagen erforderliche Gas zu liefern. Die Gesellschaft will noch eine Leitung von Daszawa nach Lemberg, das 90 km entfernt ist, legen; jedoch fehlen bisher die Mittel, um die Anlage auszuführen. („Das Gas und Wasserfach“ Bd. 68 (1925) S. 61) [N 228] Gw.

Die Erdölfunde bei Nienhagen (Hannover).

Bei Nienhagen nördlich von Hannover[1]), Kreis Celle, ist im März v. J. auf dem Gelände der Rohöl-Industrie-Gesellschaft G. m. b. H. in Hannover eine Bohrung vorgenommen worden, aus der anfangs 1000 bis 2000 t Rohöl in einem Monat gefördert wurden. Die Bohrung geht auf eine Tiefe von 750 m herunter und liefert ein Rohöl, das einen erheblichen Gehalt an Salzwasser hat; durch eine eingebaute Schleudervorrichtung kann dieser auf ⅕ bis ¼ vermindert werden. Die in der ersten Zeit ergiebige Förderung ging rasch zurück, da infolge vielfacher Verstopfung des Bohrloches das Rohr oft gereinigt werden mußte. Heute liefert die Bohrung noch mehrere Tonnen täglich. Die Veranlassung zu der Bohrung bei Nienhagen war die in der Nähe befindliche und schon Ende 1921 sehr ergiebige Bohrung der Gewerkschaft Elverath, die bis auf 470 m Tiefe hinabgeht. Diese Sonde hat in 1½ Jahren etwa 17 000 t Rohöl geliefert. Sie hat heute noch eine Leistung von mehreren tausend Tonnen im Jahr. In neuester Zeit (Dezember 1924) sind zwei weitere Sonden in dieser Gegend mit Springern gefunden worden, wovon die eine bis zu 90 t täglich auswarf. („Das Gas- und Wasserfach“ Bd. 68 (1925) S. 88.) [N 227] Gw.

[1]) Vergl. Z. Bd. 51 S. (1907) 1877 u. Z. Bd. 62 (1918) S. 599.

Über Biegungsschwingungen von Dampfturbinenlaufrädern.

Von Dipl.-Ing. Ernst Oehler, Germaniawerft, Kiel.

Die Vorgänge der Flatterschwingungen werden beschrieben; das Rechnungsverfahren wird im Anschluß an die Arbeiten von Stodola für trapezförmige Scheibenprofile mit Kranz und Nabe entwickelt. Versuche an ruhenden Scheiben werden erörtert, und die Übereinstimmung zwischen Rechnung und Versuch wird gezeigt.

Die Laufräder von Dampfturbinen können senkrecht zur Scheibenfläche ins Schwingen oder Flattern geraten. Mit großer Wahrscheinlichkeit ist auf diese Art von Schwingungen die Zerstörung einer großen Anzahl von Turbinenscheiben zurückzuführen, deren Ursache früher nicht erkannt worden war. Bei geplatzten Scheiben waren häufig die durch Fliehkräfte hervorgerufenen Beanspruchungen rechnungsmäßig verhältnismäßig niedrig gewesen und weit unterhalb der Beanspruchungen anderer Scheiben geblieben, die bereits viele Jahre anstandslos im Betrieb waren.

Materialfehler konnten nicht die Ursache sein, da aufgesetzte Ersatzräder, die vor dem Einbau besonders sorgfältig untersucht worden waren, meist nach ganz kurzer Zeit dieselben Erscheinungen zeigten. Es kam vor, daß Scheiben nach einer Betriebzeit von kaum 24 h platzten. Andre wieder hielten Monate und Jahre. Die Brüche waren charakteristische Ermüdungsbrüche, die in den meisten Fällen entweder von einem Dampfausgleichloch der Scheibe oder von einer Keilnut in der Nabe oder von der Ecke beim Übergang der Nabe in die Scheibe ausgingen. Die in der Abb. 1 wiedergegebene Scheibe läßt deutlich drei gefährdete Stellen erkennen. Die Scheibe stammt von einer Mischdampfturbine von 2600 PS Leistung bei 3000 Uml./min. Sie bestand aus Nickelstahl von 5 vH Nickelgehalt und 6000 kg/cm² Festigkeit bei 18 vH Dehnung.

Abb. 1. Scheibe einer Mischdampfturbine von 2600 PS bei 3000 Uml./min, 5 vH-Nickelstahl von 6000 kg/cm² Festigkeit bei 18 vH Dehnung. Die Scheibe läßt drei gefährdete Stellen erkennen.

Es war wohl vermutet worden, daß die Ursachen in Schwingungen irgendwelcher Art zu suchen seien; doch war man der Ansicht, die Eigenschwingungen der Scheiben würden zu hoch liegen, als daß sie angeregt und gefährlich werden könnten. Die Erscheinungen wurden aufgeklärt durch die grundlegenden Untersuchungen von Stodola in der Schweiz. Bauzeitung (Band 63, Seite 251 u. f.) und in Stodolas „Dampf- und Gasturbine".

Im folgenden wird die Entstehung der Schwingungsvorgänge beschrieben, das Rechnungsverfahren entwickelt und zum Schluß über Versuche auf der Germaniawerft berichtet, durch die die Eigenschwingungszahlen der Scheiben in ruhendem Zustande bestimmt wurden.

Entstehung der Flatterschwingungen.

Turbinenscheiben können wie jede elastische Scheibe durch Kräfte, die senkrecht zur Scheibenfläche wirken, ins Schwingen oder Flattern gebracht werden.

Aus der Physik ist der Versuch allgemein bekannt, daß auf einer elastischen Platte, die an einem Punkte fest eingespannt und mit feinem Sand bestreut ist, beim Anstreichen mit einem Geigenbogen gewisse Figuren, sogenannte Chladnische Klangfiguren, entstehen. Der Sand wird an den stärker schwingenden Flächen der Platte abgeworfen und häuft sich an den ruhenden Teilen an; es bilden sich deutliche Linien, die sogenannten Knotenlinien, aus, die zwei entgegengesetzt schwingende Flächen der Platte trennen.

Bei kreisrunden Platten können die in Abb. 2 bis 9 dargestellten Schwingungsformen auftreten:

1) Schwingungsformen mit 1, 2, 3.... Durchmessern als Knotenlinien. Während die nicht schraffierten Flächen nach oben schwingen, bewegen sich die schraffierten nach unten und umgekehrt. Der Scheibenkranz verformt sich dabei wellenförmig. Die Schwingungen mit einem Durchmesser werden als Schwingungen I. Grades mit n_{e_I} und entsprechend diejenigen mit 2, 3.... Durchmessern mit $n_{e_{II}}$, $n_{e_{III}}$.... bezeichnet.

2) Schwingungsformen mit konzentrischen Knotenkreisen (1, 2, 3.... Kreisen), ähnlich den konzentrischen Wellen, die beim Einwerfen eines Steines ins Wasser entstehen.

3) Schwingungsformen mit Kreisdurchmessern und konzentrischen Kreisen als Knotenlinien.

Bei zentraler Erregung werden Schwingungen mit konzentrischen Kreisen als Knotenlinien entstehen. An Turbinenscheiben ist, soweit dem Verfasser bekannt, nur die Schwingung mit einem Knotenkreis beobachtet worden. Dieser rückt, je größer das Verhältnis von Wellenmasse zu Scheibenmasse ist, um so mehr zum Wellenmittel; sie wird entsprechend ihrer Form mit Schirmschwingung bezeichnet. Zusammengesetzte Schwingungsformen sind an Turbinenscheiben überhaupt noch nicht beobachtet worden.

Weitaus am wichtigsten sind die Schwingungen mit Kreisdurchmessern als Knotenlinien. Sie entstehen, wenn auf die Scheiben an einer oder an mehreren Stellen periodisch wechselnde axiale Druck- und Zugkräfte ausgeübt werden. Wird die Frequenz dieser periodischen Kräfte langsam gesteigert, so entsteht zuerst die Schwingung mit einem Knotendurchmesser, dann die mit zweien und so fort.

Bei den Dampfturbinen sind an sich keine wechselnden Impulse vorhanden. Der Dampf wirkt bei teilweise beaufschlagten Turbinen an den Dampfaustrittstellen mit gleichbleibendem Druck auf das erste Laufrad und örtlich etwas erweitert auf die folgenden Räder. Das umlaufende Rad wird, wenn eine Dampfdüse vorhanden ist, nur an einer Stelle im Augenblick des Vorbeistreichens vor der Dampfdüse vom Dampfdruck getroffen. Für den be-

Abb. 2 bis 9. Schwingungsformen von kreisrunden Platten.

treffenden Scheibenpunkt wechselt daher der Dampfdruck periodisch von null auf einen Höchstwert. Die gilt für alle Punkte des Scheibenumfanges. Alle Punkte werden in gleicher Weise an der dem Dampfaustritt gegenüberliegenden Stelle gedrückt und durchgebogen werden.

Ebenso wie bei der ruhenden Scheibe eine Schwingung entsteht, wenn die Impulszahl gleich der Eigenschwingungszahl ist, wird auch die umlaufende Scheibe in Resonanz geraten; es besteht aber doch ein gewisser Unterschied zwischen der ruhenden und der umlaufenden Scheibe. Bei der ruhenden Scheibe wird die Stelle, die erregt wird, dauernd vom größten positiven zum größten negativen Ausschlag schwingen und umgekehrt, während die Knotenlinie dauernd in Ruhe bleibt. Bei der umlaufenden Scheibe dagegen nehmen im Verlauf einer Umdrehung alle Scheibenpunkte einmal diese Größtwerte an.

Es ist sozusagen ein ruhendes Verformungsbild vorhanden, durch das die Scheibe, sich ständig verformend, hindurchgezwängt wird. Vor Einlaufen in die Resonanz wird unter Vernachlässigung der Dämpfung, wie bei allen Schwingungsvorgängen, der größte Ausschlag der größten Kraftwirkung gegenüber liegen, nach der Resonanz werden Ausschlag und Kraftwirkung um 180° phasenverschoben sein, worauf aber nicht näher eingegangen werden soll, da die relative Lage der Schwingungsformen zu den Dampfaustrittstellen für die weiteren Untersuchungen ohne Bedeutung ist.

Sind zwei oder drei gleichmäßig auf den Umfang verteilte Dampfaustrittstellen vorhanden, so werden durch sie im allgemeinen Schwingungen mit zwei und drei Knotendurchmessern entstehen.

Es ist jedoch auch möglich, daß z. B. durch eine an einer Stelle wirkende periodische Kraft höhere Schwingungsformen erzeugt werden, was folgendermaßen zu erklären ist. Nach dem Fourierschen Satz kann jede periodische Kraft durch sinusförmig veränderliche, sogenannte harmonische Kräfte ersetzt werden. So kann z. B. die nur an einer Stelle wirkende über ⅕ des Umfanges gleichmäßig verteilte Kraft von der Größe 1 ersetzt werden durch eine unveränderliche Kraft und durch sinusförmige Kräfte mit 1, 2, 3, . . . Schwingungen auf den Umfang (sogenannte Kräfte 1., 2., 3., . . . Ordnung) von der Größenordnung: 0,522, 0,358, 0,1, Abb. 10.

Jede von diesen harmonischen Kräften wird dann imstande sein, die entsprechenden Schwingungen zu erzeugen. Die Kraft 1. Ordnung wird die Schwingung mit einem Knotendurchmesser, d. h. die Schwingung 1. Grades, die Kraft 2. Ordnung wird die Schwingung mit zwei Knotendurchmessern, d. h. die Schwingung 2. Grades hervorrufen und so fort. Die Zusammenhänge zwischen den erregenden Kräften und den Eigenschwingungen gehen am klarsten aus der zeichnerischen Auftragung hervor.

In einem Koordinatensystem werden die Anzahl der Knotendurchmesser und die Ordnungszahl der Kräfte als Abszissen, die Eigenschwingungs- und Impulszahlen als Ordinaten aufgetragen; es ergeben sich dabei die in Abb. 11 dargestellten Linien. Die Impulszahlen liegen aus leicht ersichtlichem Grund auf einer Geraden durch den Nullpunkt (Linie a), die Eigenschwingungszahlen gewöhnlich auf einer Kurve (b, c, d). Resonanz ist in P vorhanden, wo die Kurven a und b einander schneiden. Eine Schwingung ist nur möglich, wenn der Schnitt der beiden Linien auf einer zu einem Knotendurchmesser gehörigen Senkrechten liegt. Häufig laufen die Linien über mehrere Knotendurchmesser dicht nebeneinander her (a und b); in der Betriebsdrehzahl können dann gleichzeitig mehrere Schwingungsformen auftreten. Anzustreben ist, die Linie der Eigenschwingungen möglichst hoch über die Linie der Impulszahlen zu legen (d).

Die Eigenschwingungen der Scheibe lassen sich berechnen und an den ausgeführten Scheiben messen.

Berechnung der Flatterschwingungen.

Die Berechnung der Scheiben wurde aufgebaut auf den bereits angeführten Arbeiten von Stodola. Abweichend von diesen wurde jedoch nicht angenommen, daß die Scheibendicke nach dem Gesetz einer höheren Hyperbel abnehme, sondern es wurde ein trapezförmiges Profil, wie es meistens bei Turbinen verwandt wird, der Rechnung zugrunde gelegt.

An die Stelle der Gleichung für die abgrenzende Hyperbel tritt also die einer Geraden, Abb. 12.

Sie lautet:

$$\frac{r}{R_x} + \frac{h'}{h_0'} - 1 = 0$$

oder

$$h' = \frac{h_0'}{R_x}(R_x - r) \quad \quad (1),$$

wo

r der Abstand eines beliebigen Punktes von der Scheibenmitte,
h' die halbe Scheibendicke in einem beliebigen Punkte,
R_x der Halbmesser des Schnittes der abgrenzenden Geraden mit der Profil-Mittellinie und
h_0' die halbe Scheibendicke in der Drehachse ist.

Für jedes schwingende System, also hier die schwingende Scheibe, ist die potentielle Energie der durchgebogenen Scheibe gleich der kinetischen Energie der durch die

Abb. 10. Zerlegung einer periodischen Kraft in harmonische Kräfte.

Abb. 11. Eigenschwingungs- und Impulszahlen in Abhängigkeit von der Anzahl der Knotendurchmesser und der Ordnungszahl der Kräfte.

Abb. 12. Erläuterung der gewählten Bezeichnungen.

Mittellage schwingenden Scheibe. Läuft die Scheibe um, dann bewirkt die Fliehkraft noch eine zusätzliche Versteifung, so daß die potentielle oder Formenergie um den Betrag der potentiellen Energie der Fliehkräfte zu erhöhen ist.

Es ist also:

$$\Phi_k = \Phi_i + \Phi_z \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2),$$

wo

Φ_k die kinetische Energie,
Φ_i die potentielle Formenergie,
Φ_z die potentielle Energie der Fliehkräfte ist.

Die Abhängigkeit einer sinusförmigen Schwingung von der Zeit wird bekanntlich ausgedrückt durch die Gleichung

$$w' = w'_{max} \sin \lambda t,$$

wo

w' die Auslenkung aus der Mittellage zur Zeit t,
w'_{max} die größte Auslenkung,
λ die Winkelgeschwindigkeit ist, die einer Schwingungszahl (hier Eigenschwingungszahl n_e) entspricht und sich ergibt aus:

$$\lambda = \frac{\pi n_e}{30}.$$

Die kinetische Energie, die stets verhältnisgleich dem Quadrat der Geschwindigkeit ist, kann dann ausgedrückt werden durch:

$$\Phi_k = K \lambda^2,$$

womit Gl. (2) übergeht in:

$$K \lambda^2 = \Phi_i + \Phi_z \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3).$$

Hieraus ergibt sich:

$$n_e = \frac{30}{\pi} \lambda = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{\Phi_i + \Phi_z}{K}} \quad \ldots \ldots \quad (4).$$

Die Auslenkung w eines Scheibenpunktes aus der spannungslosen Lage hängt ab:

1. von der Entfernung r dieses Punktes von der Scheibenmitte,

2. von dem Winkel φ', den der durch den Punkt gelegte Durchmesser mit einem Knotendurchmesser bildet. Für die Schwingung I. Grades ist der Winkel φ' der Schwingungsperiode gleich dem Zentriwinkel der ganzen Scheibe, für die Schwingung höheren Grades dagegen ist nach Abb. 13: $\varphi' = k \varphi$. Die wellenförmige Verformung in der Umfangsrichtung wird nahezu sinusförmig sein; die Auslenkung w ist daher abhängig von $\sin k \varphi$.

3. Von der Zeit t, d. h. von $\cos \lambda t$ (cos statt sin angenommen, damit die Auslenkung im Anfangspunkt für $t = 0$ ein Höchstwert wird). Es ist also:

$$w = f(r) \sin k \varphi \cos \lambda t \quad \ldots \ldots \ldots \quad (5).$$

Zur Zeit $t = 0$ wird die Auslenkung

$$w = f(r) \sin k \varphi$$

ein Höchstwert und damit auch die potentielle Energie.

Zur Zeit $t = \frac{T}{4}$ wird, da $T = \frac{60}{n_e}$,

$$w = f(r) \sin k \varphi \cos \frac{\pi}{2} = 0;$$

gleichzeitig jedoch wird die Schwingungsgeschwindigkeit

$$\frac{d w}{d t} = - f(r) \lambda \sin k \varphi \sin \lambda t = - f(r) \lambda \sin k \varphi$$

ein Höchstwert und damit auch die kinetische Energie.

Da in die Energiegleichung nur Höchstwerte eingesetzt werden, so ist die Aufgabe bezüglich der Zeit gelöst.

Es müssen jetzt noch die Energiegleichungen in Abhängigkeit von r und $k \varphi$ abgeleitet werden.

Die Verformung eines Meridianschnittes der Scheibe kann parabolisch angenommen werden, Abb. 14, und wird dann ausgedrückt durch die Gleichung:

$$w'' = a r^s,$$

wo

a eine Konstante,
s ein angenommener Exponent des Parabelgesetzes ist.

Die Gleichung der deformierten Scheibenmittelebene lautet damit:

$$w = a r^s \sin k \varphi \quad \ldots \ldots \ldots \quad (6)$$

Abb. 13. Erläuterung des Winkels φ.

Abb. 14. Verformungsbild der Scheibe.

Die Ableitung der Energiegleichungen der doppeltgekrümmten Scheibe kann hier nicht gebracht werden, da sie uns zu weit führen und nur eine Wiederholung der Stodolaschen Ausführungen darstellen würde.

Die Durchführung der Rechnung ergibt für volle Scheiben mit trapezförmigem Profil folgende Energiegleichungen, integriert über ¼ Schwingungsperiode:

Potentielle Formenergie:

$$\Phi_i = \frac{\pi}{4 k} E' h_0'^3 R_a^{2s-2} a^2 A_1 \quad \ldots \ldots \quad (7),$$

wo

$$E' = \frac{E}{1 - \nu^2},$$

$$A_1 = \left(\frac{1}{6 s - 6} - \frac{\zeta}{2 s - 1} + \frac{\zeta^2}{2 s} - \frac{\zeta^3}{6 s + 3}\right) \times \left[(s^2 - k^2)^2 + 2(1 - \nu)(s - 1)\{k^2(2 s - 1) - s^2\}\right]$$

ν der Querkontraktionsbeiwert,

und

$$\zeta = \frac{R_a}{R_x}.$$

Kinetische Energie:

$$\Phi_k = m \frac{v^2}{2} = K \lambda^2 - \frac{\pi}{4 k} \mu h_0' R_a^{2s+2} a^2 \lambda^2 B_1 \quad . \; . \quad (8),$$

wo $\mu = \frac{\gamma}{g}$ die spezifische Masse,

$$B_1 = \left(\frac{1}{2 s + 2} - \frac{\zeta}{2 s + 3}\right).$$

Potentielle Energie der äußeren Fliehkräfte: Von der Fliehkraft wird auf dem Wege vom Ausschlag w bis zur Mittellage die Arbeit

$$\Phi_z = \int d m \, \omega^2 r \xi = \frac{\pi}{4 k} \mu h_0' R_a^{2s+2} a^2 \frac{\omega^2 s^2}{2 s - 1} B_1 \quad . \quad (9)$$

geleistet, wo

ω die Winkelgeschwindigkeit der Scheibe,
ξ der Unterschied des Halbmessers und der Projektion des durchgebogenen Halbmessers ist, Abb. 15.

Aus der Bedingung, daß die kinetische Energie gleich der potentiellen Energie sein soll, folgt aus den Gl. (3), (7), (8) und (9):

$$\lambda^2 = \frac{E' h_0'^2}{\mu R_a^4} \psi + \frac{\omega^2 s^2}{2 s - 1} \quad (10),$$

wo

$$\psi = \frac{A_1}{B_1}.$$

Das zweite Glied $\frac{\omega^2 s^2}{2 s - 1}$ rührt nur von der Fliehkraft her; für die nicht umlaufende Scheibe ist also:

$$\lambda_0^2 = \frac{E' h_0'^2}{\mu R_a^4} \psi \quad . \; . \quad (10a').$$

Abb. 15. Arbeit der Fliehkräfte.

In dem Ausdruck ist nur ψ und in diesem nur s, d. h. der Exponent des Parabelgesetzes der durchgebogenen Scheibe unbekannt. s wird bestimmt nach dem Rayleighschen Satz; nach diesem bildet sich bei einem schwingenden System stets diejenige Schwingungsform aus, die die tiefste Eigenschwingung hat.

λ und damit auch n_{e_0} wird zu einem Kleinstwert, wenn ψ zu einem Kleinstwert wird. Man hat also nichts andres

zu tun, als für verschiedene Werte von s das ψ zu berechnen, in Funktion von s aufzutragen und aus der entstandenen Kurve den Kleinstwert ψ abzugreifen. Die Eigenschwingungszahl n_{e_0} des ruhenden Stabes ergibt sich dann aus

$$n_{e_0} = \frac{30}{\pi} \lambda_0 = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{E' h_0'^2}{\mu R_a^4} \psi} \quad \ldots \ldots (11\text{a}).$$

Innerhalb nicht zu weiter Grenzen machen nun dieselben Werte von s, die λ_0 zu einem Kleinstwert machen, auch λ^2 zum Kleinstwert. Es gilt daher

$$n_e = \frac{30}{\pi} \lambda = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{E' h_0'^2}{\mu R_a^4} \psi + \omega^2 \frac{s^2}{2s-1}} \quad \ldots (11).$$

Berechnung einer Scheibe mit Kranz und Nabe. Für die Berechnung der Schwingungen der Scheibe mit Kranz und Nabe werden nach dem Vorgang von Stodola jeweilig für alle drei Teile (Scheibe, Kranz und Nabe) die Energien bestimmt, wobei der Scheibenaußenhalbmesser gleich dem Kranzhalbmesser, der Scheibeninnenhalbmesser gleich dem Nabenhalbmesser angenommen wird; die Verformungen senkrecht zur Scheibenmittelebene am Außenrand der Scheibe und im Kranz, am Innenrand und in der Nabe sind dann jeweilig gleich.

Energiegleichungen der Scheibe. Wird die Scheibe in der Nabe axial festgehalten, so lautet das Gesetz für die Verformung:

$$w = a\left(r^s - R_i^s\right) \sin k\varphi \cos \lambda t,$$

wo R_i der Halbmesser der Nabe ist.

Beim Schwingungsvorgang müssen von der Nabe starke Biegungsmomente aufgenommen werden. Ist auf beiden Stirnflächen der Nabe nur etwas Spiel vorhanden, so werden sich die Naben um Knotendurchmesser durchbiegen und entsprechend der übrigen Scheibe aus der Scheibenmittelebene heraustreten, Abb. 16.

Es kann dann angenommen werden, daß die Tangente an dem Scheitel der Parabel mit der Meridianmittellinie zusammenfällt, so daß auch für die Scheibe mit Kranz und Nabe das einfache Gesetz gilt:

$$w = a\, r^s \sin k\varphi \cos \lambda t.$$

Abb. 16. Verformte Scheibe.

Abb. 17. Abmessungen des Versuchslaufrades.

Abb. 21. Eigenschwingungs- und Impulszahlen.
a beobachtet
b berechnet für $n = 0$ Uml./min
c „ „ $n = 3000$

Die Energiegleichungen für die Scheibe lauten entsprechend den früher abgeleiteten Gleichungen:

$$\Phi_i = \frac{\pi}{k\,4} E' h_0'^3 R_a^{2s-2} a^2 A_2 \quad \ldots \ldots (12)$$

wo

$$A_2 = \left[\left(\frac{1}{6s-6} - \frac{\zeta}{2s-1} + \frac{\zeta^2}{2s} - \frac{\zeta^3}{6s+3}\right) - \varrho^{2s-2}\left(\frac{1}{6s-6} - \frac{\zeta\varrho}{2s-1} + \frac{\zeta^2\varrho^2}{2s} - \frac{\zeta^3\varrho^3}{6s+3}\right)\right] \times \left[(s^2-k^2)^2 + 2(1-\nu)(s-1)\{k^2(2s-1)-s^2\}\right]$$

und

$$\varrho = \frac{R_i}{R_a};$$

$$\Phi_k = K\lambda^2 = \frac{\pi}{4k} \mu h_0' R_a^{2s+2} a^2 \lambda^2 B_2 \quad \ldots (13),$$

wo

$$B_2 = \left(\frac{1}{2s+2} - \frac{\zeta}{2s+3}\right) - \varrho^{2s+2}\left(\frac{1}{2s+2} - \frac{\zeta\varrho}{2s+3}\right);$$

$$\Phi_z = \frac{\pi}{4k} \mu h_0' R_a^{2s+2} a^2 \frac{\omega^2 s^2}{2s-1} B_2 \quad \ldots (14).$$

Die Energiegleichungen des Kranzes lauten, wenn mit
J_k das Trägheitsmoment des Kranzes und mit
q_k sein Querschnitt bezeichnet wird:

$$\Phi_i' = \frac{\pi}{8k} J_k E R_a^{2s-3} k^4 a^2 \quad \ldots \ldots (15),$$

$$\Phi_k' = K' \lambda^2 = \frac{\pi}{8k} \mu q_k R_a^{2s+1} \lambda^2 a^2 \quad \ldots (16),$$

$$\Phi_z' = \frac{\pi}{8k} \mu q_k R_a^{2s+1} a^2 \frac{\omega^2 s^2}{2s-1} \quad \ldots (17).$$

Die Energiegleichungen der Nabe. Die Gleichungen lauten entsprechend denen des Kranzes, wenn statt R_a $R_i = \varrho R_a$, statt J_k das Trägheitsmoment J_n der Nabe und statt q_k der Querschnitt q_n der Nabe eingesetzt wird:

$$\Phi_i'' = \frac{\pi}{8k} J_n E R_a^{2s-3} \varrho^{2s-3} k^4 a^2 \quad \ldots \ldots (18),$$

$$\Phi_k'' = K'' \lambda^2 = \frac{\pi}{8k} \mu q_n R_a^{2s+1} \varrho^{2s+1} \lambda^2 a^2 \quad \ldots (19),$$

$$\Phi_z'' = \frac{\pi}{8k} \mu q_n R_a^{2s+1} \varrho^{2s+1} a^2 \frac{\omega^2 s^2}{2s-1} \quad \ldots (20).$$

Die Gleichung der Gesamtenergie ist dann:

$$\lambda^2 (K + K' + K'') = (\Phi_i + \Phi_i' + \Phi_i'') + (\Phi_z + \Phi_z' + \Phi_z'') \quad . (21).$$

Aus diesen Formeln ergibt sich schließlich als Schlußformel:

$$\lambda^2 = \frac{2 A_2 R_a h_0'^3 + (1-\nu^2) k^4 (J_k + J_n \varrho^{2s-3})}{2 h_0' R_a B_2 + q_k + q_n \varrho^{2s+1}} \frac{E'}{\mu R_a^4} + \frac{\omega^2 s^2}{2s-1} \quad (21)$$

und die Eigenschwingungszahl

$$n_e = \frac{30}{\pi} \lambda \quad \ldots \ldots \ldots (22).$$

In der Formel für die volle Scheibe ohne Kranz und Nabe setzt sich ψ nur aus den Beiwerten s, ξ, k und ν zusammen und enthält keinerlei Größen, die sich auf bestimmte Scheiben beziehen. Es ist daher möglich, Kurven aufzustellen, aus denen sich für verschiedene Eigenschwingungen und für verschiedene Profilformen (bestimmt durch den Beiwert ζ) unmittelbar die s-Werte bestimmen lassen, die ψ und damit λ^2 zu einem Kleinstwert machen.

Für die Turbinenscheiben würden diese Kurven von geringer Bedeutung sein, da gewöhnlich der Einfluß des Kranzes von entscheidender Bedeutung ist. Es muß daher in den meisten Fällen auf die abgeleitete Schlußformel Gl. (21) zurückgegriffen werden, die aber s nicht mehr für sich allein stehend enthält.

Jedoch lassen sich die in der Formel enthaltenen Einzelwerte A, B usw. einzeln in Kurvenblättern zusammenstellen. Von meinem Mitarbeiter auf der Germaniawerft,

Herrn Dr. Rohr, ist diese mühevolle Arbeit geleistet und ein Berechnungschema ausgearbeitet worden, das ermöglicht, an der Hand von mehreren Kurvenblättern ohne zu große Arbeit die Eigenschwingungen der Scheibe mit Kranz und Nabe aus der Schlußformel Gl. (21) auszurechnen.

Während in den vorliegenden Untersuchungen auf die Temperatur der Scheibe keine Rücksicht genommen worden ist, leitet Stodola im Nachtrag der 6. Auflage seiner „Dampf- und Gasturbinen" Gleichungen ab, in denen die Eigenschwingungen der Scheibe noch in Abhängigkeit von der ungleichmäßigen Erwärmung gebracht werden.

Der Einfluß der Wärmespannungen kann ähnlich berechnet werden wie der der Fliehkräfte. Zu den in Gl. (3) angesetzten Energien kommt noch die durch Wärmespannungen verursachte Formänderungsarbeit Φ_t hinzu. Die Gl. (3) lautet, wenn

mit λ die Winkelgeschwindigkeit der Eigenschwingungen der kalten Scheibe,

mit λ_t die Winkelgeschwindigkeit der Eigenschwingungen der ungleichmäßig erwärmten Scheibe

bezeichnet werden:

$$K\lambda_t^2 = \Phi_i + \Phi_z + \Phi_t,$$

woraus

$$\lambda_t^2 = \frac{\Phi_i + \Phi_z}{K} + \frac{\Phi_t}{K} = \lambda^2 + \frac{\Phi_t}{K}.$$

Abb. 18. Eigenschwingung ersten Grades.

Abb. 19. Eigenschwingung zweiten Grades.

Die Eigenschwingungen der ungleichmäßig erwärmten Scheibe werden daher wie die der kalten Scheibe berechnet; es kommt nur noch der Wert $\frac{\Phi_t}{K}$ hinzu, durch den die ungleichmäßige Erwärmung berücksichtigt wird. Φ_t ist bei Schwingungsformen mit Knotendurchmessern für heißen Kranz und kalte Nabe negativ und setzt daher die Eigenschwingungszahl herab. Wie groß diese ungleichmäßige Erwärmung ist und welche Abänderungen infolgedessen die errechneten Werte der kalten Scheibe erfahren, darüber sind bis jetzt keine Versuche bekannt geworden.

Versuche an Turbinenscheiben.

Zur Prüfung der Rechnungsergebnisse wurden an mehreren Scheiben Schwingungsversuche angestellt.

Die Turbinenscheiben wurden hierzu wagerecht auf eine Planscheibe gelegt und verankert. Die Scheiben wurden in Schwingungen versetzt durch Elektromagnete, die durch Wechselstrom erregt wurden. Zur Erzeugung dieses Wechselstroms wurde eine vierpolige B B C-Gleichstrommaschine mit 110/170 V, 70/45 A bei $n = 3600$ Uml./min in einen Gleichstrom-Wechselstrom-Umformer umgebaut, der bei normaler Drehzahl der Maschine einen Wechselstrom von 100 V, 30 A, und einer Frequenz von $n = 2 \times 3600 - 7200$ Per./min lieferte. Die Maschine war von 3600 Uml./min bis auf weniger als 800 Uml./min leicht regelbar.

Bemerkenswert war, wie auch von anderer Seite in ähnlichen Fällen beobachtet wurde[1]), daß die Scheibe vom Magneten innerhalb einer Wechselstromperiode nicht einmal angezogen und einmal abgestoßen wurde, sondern daß sie zweimal innerhalb einer Wechselstromperiode angezogen wurde; einer Frequenz von $2 \times n_{masch.}$ des Wechselstroms entspricht eine Impulszahl von $4 \times n_{masch.}$

Das Auftreten von Schwingungen war deutlich zu hören, besonders scharf mittels einer Abhorchvorrichtung. Um die Schwingungen sichtbar zu machen, wurde, wie bei den Chladnischen Klangfiguren, Sand auf die Scheiben gestreut, der an den stärker schwingenden Stellen abgeschleudert wurde. Zur Erzeugung der Figuren bei den weniger starken Schwingungen war es notwendig, längere Zeit Wechselstrom mit der entsprechenden Frequenz durch die Magnete zu schicken. Außerdem wurden die Vibrationen noch mit dem Geigerschen Vibrographen gemessen.

Das Laufrad, an dem die Schwingungsmessungen vorgenommen wurden, hat die in Abb. 17 angegebenen Abmessungen.

Es wurden hintereinander die Schirmschwingung sowie die Schwingungen I., II. und III. Grades erregt, wobei die Schwingungsform an den erzeugten Sandfiguren erkannt wurde. Die Schwingungszahl wurde aus dem Vibrogramm bestimmt und konnte außerdem mittels Tachometer am Gleichstrommotor abgelesen werden.

Die unterste Schwingung, die sogenannte Schirmschwingung, die im vorhergehenden nicht berechnet worden

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 100.

Abb, 20. Eigenschwingung dritten Grades.

ist, kam als Sandfigur nicht ordentlich zum Ausdruck, da der Umformer bei der niedrigen Umdrehungszahl eine zu kleine Leistung abgab; jedoch scheint sie dem Gehör nach sowie nach den vibrographischen Messungen zu urteilen, bei $n_e = 4320$ Schwingungen in einer Minute zu liegen.

Ganz deutlich und klar dagegen erschienen die Schwingungen I. Grades, Abb. 18, mit $n_e = 5500$ Schwingungen in einer Minute, die Schwingung II. Grades, Abb. 19, mit $n_e = 8620$ Schw./min und die Schwingung III. Grades, Abb. 20, mit $n_e = 12\,850$ Schw./min.

Dieselbe Scheibe ist dann unter Berücksichtigung des trapezförmigen Profils genau berechnet worden. In Abb. 21 (S. 338) sind die gemessenen und berechneten Eigenschwingungen in Funktion der Anzahl der Knotendurchmesser aufgezeichnet worden. Es zeigt sich hiernach eine ganz auffallend gute Übereinstimmung, und zwar ist diese nicht nur zufällig, sondern die näher untersuchten Scheiben zeigten alle dieselben guten Ergebnisse.

In der Abb. 21 sind außerdem die Eigenschwingungen der Scheiben bei der Betriebsdrehzahl $n_e = 3000$ Uml./min der Turbine und die Impulse derselben für diese Drehzahl eingezeichnet. Die Eigenschwingungszahlen liegen hier weit über den Impulszahlen, so daß im angeführten Beispiel keine Gefahr einer gefährlichen Resonanz besteht.

Die Rechnungsweise nach Stodola eignet sich nicht für die Scheiben unserer Turbinen, da die Profile nur mit geringer Annäherung durch hyperbolische Profile ersetzt werden können.

Auf die Vereinfachungen die bei der Rechnung für die einzelnen Ordnungen gemacht werden können, soll hier nicht näher eingegangen werden; die Fragen sind von Fall zu Fall zu entscheiden. [B 1011]

Gasbeleuchtung.

Die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft beschäftigte sich in ihrer Versammlung vom 22. Januar d. J. in Charlottenburg ausschließlich mit der Gasbeleuchtung.

Den einleitenden Vortrag hielt Dr. A. Gumpers über den heutigen

Stand der Glühlichtbeleuchtung.

Der Vortragende ging im wesentlichen auf die Herstellung des Glühstrumpfes ein, die nicht nur für die Lichttechnik, sondern auch für eine ganze Reihe von chemischen Industrien von größter Bedeutung ist. Der Ausgangstoff des Glühkörpers ist der Monazitsand, der nach seiner Aufschließung nicht nur das Thoriumoxyd und das Zeroxyd liefert, die, im Verhältnis von 99 zu 1 gemischt, dem Glühkörper die hohe Lichtstärke verleihen, sondern auch noch eine große Zahl von Verbindungen, die mannigfaltige Anwendung finden. Hierzu gehören radioaktive Zerfallprodukte des Thoriums und sodann Zerverbindungen, die für Blitzlicht verwendet werden und schließlich in Verbindung mit Eisen das bekannte Auermetall für Feuerzeuge liefern.

Die Herstellung der Glühstrümpfe fällt im wesentlichen in das Gebiet der Faserstoffindustrie. Als Rohstoffe werden in Amerika heute noch Baumwolle, in Deutschland vornehmlich Ramifaser und Kunstseide benutzt. Besonders durch die Anwendung der Ramifaser ist die Glühstrumpfindustrie zu hoher Vollkommenheit gediehen, da sie einen Glühkörper liefert, der sich in der Flamme nicht verzieht, so daß er während seiner ganzen Lebensdauer fast durchweg die gleiche Lichtstärke liefert. Auch den aus Kunstseide hergestellten Glühkörpern kommt eine große Bedeutung zu, da sie die Herstellung von Glühstrümpfen ermöglicht, die sich in der Flamme selbst formen, so daß das getränkte Gewebe auf Lager gearbeitet werden kann und ausfuhrfähig ist. Strümpfe dieser Art werden in der Hauptsache für nach unten brennende Lampen, sowie für ortbewegliche Sturmlaternen benutzt.

Als zweiter Redner beschäftigte sich Obering. H. Mattenklott mit den nächsten

Aufgaben der Gasbeleuchtungstechnik.

Der Vortragende wies darauf hin, daß infolge des Krieges die Gasanstalten gezwungen wurden, anstatt des bisherigen Leuchtgases ein leichteres Gas mit niedrigem Heizwert herzustellen, wofür die vorhandenen Brennerbauarten unzulänglich waren. Die Sperrstunden und die Schwierigkeiten in der Kohlenbelieferung vernichteten fast vollständig die erreichten Erfolge der Gasbeleuchtung, und das elektrische Licht gewann leicht einen Vorsprung vor der Gasbeleuchtung.

Erst seit etwa drei Jahren werden von der Gastechnik gewaltige Anstrengungen gemacht, um das verlorene Gebiet wieder zu erobern. Prof. Dr. K. Bunte und Prof. Eitner haben hierbei durch ihre Untersuchungen den Weg gewiesen. Von besonderer Bedeutung ist hierbei die Erkenntnis, daß man an Stelle des früher verwendeten 100kerzigen Gasbrenners kleinere Lichtquellen verwenden muß, und daß diese neuen Brenner auf das Gas mit niedrigerem Heizwert einzustellen sind. Infolge der Unsicherheit der Zusammensetzung des Mischgases in den einzelnen Städten bereitete es den Firmen in der Metallindustrie außerordentliche Schwierigkeiten, Gaslampen auszubilden, bei denen sich nicht nur Gas und Luft gut regeln lassen, sondern bei denen auch ein möglichst vollständiges Durcheinandermischen von Gas und Luft und dadurch eine hohe Flammentemperatur erreicht wird.

Bis zu einem gewissen Grad ist man an dieses Ziel gelangt, und der Vortragende führte eine Anzahl von Brennern vor, die hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Leistung und der Teilbarkeit des Lichtes bis herab zu 25 Kerzen den höchsten Anforderungen entsprechen. Mit diesen kleinen Brennern ist es auch möglich, Beleuchtungskörper herzustellen, die selbst dem verwöhnten Geschmacke genügen. Die Aussichten der Gasbeleuchtung sind deshalb keineswegs so schlecht, wie es scheinen will. Wesentlich gefördert würde die Gasbeleuchtung aber noch werden können, wenn die Gasinstallateure und die Installationsabteilungen der Gaswerke sich der Aufgabe unterziehen wollten, die Verbraucher über die Gestaltung und die Behandlung der Brenner aufzuklären, da es meist nur Kleinigkeiten sind, die eine unangenehme Störung hervorrufen.

Über die gleiche Frage sprach Dr. Berthelsmann. Er wandte sich vor allem der Zusammensetzung des Gases zu. Während vor dem Krieg unser Leuchtgas reines Steinkohlengas war, oder ein Gemisch von Wassergas und Ölgas mit Steinkohlengas verwandt wurde, das einen oberen Heizwert von etwa 5300 und einen unteren von etwa 4800 kcal/m³ aufwies, ist durch die erzwungene Streckung des Gases mit Wassergas und nicht brennbaren Stoffen der obere Heizwert bis auf 4200 kcal/m³ gesunken. Auch mit einem solchen Mischgas ist es möglich, allen Anforderungen des Gasverbrauchers zu entsprechen, wenn nur der Eigenart des Gases: dem geringeren Luftbedarf und der kleineren Flamme Rechnung getragen wird. Denn wie H. Lux und Strache bereits früher festgestellt hatten, wird die Wärmeeinheit bei ärmeren Brennstoffen besser ausgenutzt als bei reichen. Trotzdem hat der mangelnde Wille der Gasverbraucher, sich den veränderten Bedingungen anzupassen, die Gasindustrie und die Gasbeleuchtung sehr geschädigt.

Wohl oder übel wird man sich aber an das ärmere Gas der Jetztzeit gewöhnen müssen, da eine Rückkehr zum Gase der Vorkriegzeit ausgeschlossen und auch nicht wünschenswert erscheint. Denn aus guter Kohle kann man etwa 1.7 Millionen kcal/t bei einem Gase von 5300 kcal/m³, dagegen fast 2.5 Mill. kcal/t bei einem Gase von 4200 kcal/m³ herstellen. Da nun die deutsche Gaskohle zur Deckung des Bedarfes bei Erzeugung von Leuchtgas nicht reicht, müßten große Mengen Auslandkohle eingeführt werden, was das Gas sehr verteuern und unsre Handelbilanz ungünstig beeinflussen würde. Deshalb hat sich der Deutsche Verein von Gasfachmännern bereits 1922 entschlossen, den deutschen Gaswerken allgemein die Erzeugung eines Gases von 4200 kcal/m³ höchstem Heizwert zu empfehlen. Hat das Gas aber an allen Verbrauchplätzen die gleiche Zusammensetzung, so werden auch die Gasgerätefabriken in der Lage sein, ihre Erzeugnisse dem Gase wirklich anzupassen. Der Gasverbraucher wird dann mit der Arbeitsweise des Gasgerätes wieder zufrieden werden, was in den letzten Jahren durchaus nicht der Fall war, weil Schwankungen in bezug auf den Heizwert des Gases um 300 bis 400 kcal/m³ des öfteren vorkamen. Von geringerer Bedeutung als das Gleichhalten des Gasheizwertes ist die Gleichhaltung der Gaszusammensetzung. Die Bestrebungen des Deutschen Vereines von Gasfachmännern lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Sämtliche deutschen Gaswerke sollen ein Einheitsgas herstellen, dessen oberer Heizwert 4200 kcal/m³ mit möglichst geringen Schwankungen beträgt. Der Gehalt an unverbrennlichen Anteilen soll möglichst 15 vH nicht übersteigen, das Gas eines und desselben Versorgungsgebietes soll dauernd gleich zusammengesetzt sein, ebenso darf der Verteildruck nur in möglichst engen Grenzen schwanken. Gelingt es, einen einheitlichen Heizwert des Gases in ganz Deutschland zu erreichen, dann können die Gasgerätefabriken Erzeugnisse liefern, mit denen man aus dem Gase die höchste Leistung herausholen kann, und die Gasindustrie wird binnen kurzem auch den letzten Rest dessen zurückerobern, was sie durch die Ungunst der Kriegsverhältnisse verloren hat.

[N 181] Ix.

Der erste deutsche Turbinen-Radschleppdampfer „Dordrecht".

Erbaut von der Schiffs- und Maschinenbau-Aktiengesellschaft, Mannheim.

Die Entwicklung der Rheinschiffahrt. Die Brennstoffkosten des Turbinenradschleppers werden denen des Dieselmotorschleppers von gleicher Leistung gegenübergestellt; die auf der Abnahmeprobefahrt mit dem Turbinenradschlepper erlangten Ergebnisse werden veröffentlicht.

Der Turbinen-Radschleppdampfer „Dordrecht".

Allgemeines über den Antrieb von Schleppschiffen.

Die Geschichte der technischen Entwicklung der deutschen Binnenschiffahrt lehrt, daß die besonderen Verhältnisse jedes Stromes (wechselnde Strömung, Flußsohle, Ufergestaltung, Brückenhöhe, Fahrwassertiefe und -breite, Art der zu befördernden Lasten) zu Sonderschiffen geführt haben. Zähes Festhalten am oft Erprobten, freudiges Zugreifen zu wirklich brauchbaren Verbesserungen haben die Binnenschiffahrt vor manchem Rückschlag bewahrt und sie bis zur heutigen Höhe und Bedeutung geführt.

Ganz besonders zeigt die Schiffahrt auf Deutschlands schönstem Strom, dem Rhein, eine durchaus gesunde und stetige Entwicklung. Diese ist durch den Wettbewerb mit mehr als 150 holländischen Werften angereizt worden, denen billigere Baustoffe, billigere Arbeitskräfte und bis vor wenigen Jahren der Mangel an sozialen Lasten sowie eine leichte Beschaffungsmöglichkeit von Baugeldern gegenüber den deutschen Rheinwerften zugute kamen.

Die deutsche Schiffahrt und der deutsche Schiffbau am Rhein können daher mit berechtigtem Stolz auf das Geschaffene, auf die heutige deutsche Rheinflotte hinweisen, die nirgends in der Welt übertroffen wird.

Dank ihrer langjährigen, reichen Erfahrung wurde der Rheinschiffahrt manches erspart, was anderswo mit großer Begeisterung aufgegriffen und als Fortschritt der Flußschiffahrt in Wort und Schrift verkündet wurde. Man braucht hier nur an die wenig rühmlichen Leistungen des Betonschiffes, an die Sauggasmaschine, die ersten und späteren Bauarten des Petroleummotors zu erinnern, die in steter Vervollkommnung zum heutigen Dieselmotor geführt haben. Dieser hat sich als Antriebmaschine für Schiffe in freier Fahrt auf unbegrenztem Wasser vorzüglich bewährt, seiner Verwendung bei Schleppdampfern in stark wechselnden Strömungen stehen jedoch auch heute noch wirtschaftliche und technische Bedenken gegenüber, die nicht durch Behauptungen ohne Beweiskraft und den Hinweis auf ganz andre Verhältnisse behoben werden.

Über die Frage des Dieselmotors in Schleppbooten werden gegen Ende dieses Jahres an drei bei der Schiffs- und Maschinenbau A.-G. in Mannheim im Bau befindlichen Hafenschleppern Erfahrungen gesammelt werden können.

Im Hinblick auf den Radschlepper mit Turbinenantrieb könnte man mit gewissem Recht die Frage aufwerfen, weshalb die schon seit einer Reihe von Jahren auf großen und größten Seedampfern festgestellten Vorteile der Dampfturbine in Deutschland erst heute auch für die Schleppschiffart auf dem Rhein ausgenutzt werden. Hierauf ist zu antworten, daß schon vor etwa 15 Jahren in Mannheim eine Dampfturbine in einen kleineren Schraubenschlepper eingebaut wurde, wobei sich jedoch kein Vorteil gegenüber dem Antrieb mit der Kolbendampfmaschine ergab.

Alle Erfolge der Turbinen wurden überdies mit Schraubendampfern erreicht, die hinsichtlich der Schleppleistungen bei begrenzter Fahrwassertiefe den Raddampfern nachstehen. Bei diesen liegen aber die Verhältnisse wesentlich anders. Es mußten daher, wenn man überzeugt war, der neuen technischen Schwierigkeiten Herr zu werden, die Vorteile der Turbine schon beträchtlich sein, wenn sie an Stelle der Dampfmaschine auf Radschleppern treten sollte. Eine geringe Kohlenersparnis fällt bei Rheinschleppern, die nahe den Zechen verkehren, kaum ins Gewicht. Dafür ist aber bei der Turbine mancherlei in Kauf zu nehmen, was nicht erprobt ist; diese Tatsache wiegt um so schwerer, als die Schleppschiffahrt auf dem Rhein kein ungefährliches Unternehmen ist, bei dem leicht ein Schleppschiff oder ein Kahn beim Versagen der Maschine zu Schaden kommen kann. Diese Bedenken haben sich bei dem ersten deutschen Turbinenschlepper als unbegründet erwiesen.

Der Turbinen-Radschlepper „Dordrecht",

Abb. 1 bis 3, ist von der Schiffs- und Maschinenbau A.-G., Mannheim, gebaut und mit Dampfturbinen von Brown, Boveri & Cie., A.-G., Mannheim, ausgerüstet worden. Das Schiff hat 75 m Länge zwischen den Loten, 9,50 m größte Breite auf den Spanten, 22 m größte Breite über den Radkasten, 3,50 m Seitenhöhe auf halber Länge, 1,19 m Tiefgang voll ausgerüstet mit 10 t Kohlen und 1,43 m Tiefgang voll ausgerüstet mit 150 t Kohlen; die Normalleistung der Turbine beträgt 1300 Wellen-PS bei 38 Uml./min der Schaufelräder, die Höchstleistung der Turbine 1500 Wellen-PS bei 40 Uml./min der Schaufelräder.

a Schleppböcke
b Trossenwinden
c Wohnung für den Kapitän
d Küche für den Kapitän
e „ „ „ 1. Maschinisten
f Ankerwinde
g Kettenkasten
h Salon

i Direktions-Schlafzimmer
k Lotse
l Wohnraum für den 1. Maschinisten
m Schlafraum „ „ „
n Schlafzimmer „ „ den Kapitän
o Wäschetrockenraum
p Maschinisteninventar
q Warmwasserkasten

r Speiseraum für 6 Heizer
s Lampen und Farben
t öltank
u Speiseraum für 5 Matrosen
v Küche
w Küche für den 1. Steuermann
x Wohn- und Schlafraum für den 1. Steuermann

y Wohn- und Schlafraum für den 2. Maschinisten
z Wohn- und Schlafraum für den 3. Maschinisten
a_1 5 Matrosen
a_2 6 Heizer
a_3 2. Steuermann

RZ 831 Z 1-3

Abb. 1 bis 3. Turbinen-Radschlepper „Dordrecht“.

Die Turbine arbeitet mit 14 at bei 280 °C und macht 3600 Uml./min. Die Gesamtübersetzung beträgt 1 : 95.

Der Dampfer ist für die Schleppfahrt Rotterdam-Mannheim bestimmt. Damit aber auch bis Basel geschleppt werden kann, mußte der höchste Festpunkt wegen der niedrigen Eisenbahnbrücke bei Kehl auf 4,68 m über Wasser gehalten werden, und es sind daher das Steuerhaus auf der Brücke sowie das Brückengeländer niederlegbar; die Vorrichtung zum Niederlegen der Schornsteine ist für die gewöhnliche Brückenhöhe über Wasser wie auch zum Durchfahren der Kehler Brücke eingerichtet, Abb. 1. Das Niederlegen geschieht in kürzester Zeit und ohne Unterbrechung der Fahrt.

Besonderer Wert ist auf übersichtliche Anordnung der Schleppeinrichtung gelegt. Es wurde eine von der Mannheimer Werft schon öfters ausgeführte und bewährte Form gewählt, bei der die Schleppstränge auf einen schrägen Schleppbock laufen, auf dem die einzelnen Trossenklemmen festgemacht sind und von hier aus weiter zu den Trossenwinden führen, Abb. 1 und 2. Man spart bei dieser Anordnung reichlich an Deckplatz und behält das ganze schwere Geschirr stets vor Augen.

Außer auf die bewährte Anordnung des Schleppgeschirrs wurde auch Wert auf eine geräumige und bequeme Wohneinrichtung für die Besatzung gelegt, zumal die dafür erforderlichen Räume ausgiebig vorhanden waren und man längst erkannt hatte, daß sich die Mehraufwendungen hierfür durch bessere Reinhaltung der Räume, besseres Wohlbefinden und vermehrtes Heimgefühl der Mannschaft reichlich bezahlt machen. In dieser Hinsicht muß die gesamte Wohneinrichtung als wohlgelungen bezeichnet werden. In allen Wohnräumen ist für gute Lüftung, Heizung und elektrische Beleuchtung gesorgt. Die Räume im Hinterschiff haben fließendes Wasser erhalten. Neben den eigentlichen Schlafräumen ist ein besonderer Trockenraum für Wäsche, eine Badeeinrichtung und eine Werkstatt für kleinere Ausbesserungen eingebaut.

Alle Räume der Mannschaft liegen im Vorderschiff, diejenigen für den Kapitän, den ersten Maschinisten und den Lotsen, sowie die der Direktion vorbehaltenen Räume einschließlich Bad und WC im Hinterschiff und sind teilweise in das geräumige Deckhaus eingebaut. Die für die gesamte Mannschaft vorgesehenen Räume, wie Küche, Messe und Spülklosetts, außerdem der Laternen- und Farbenraum sind wie üblich in den Radkastenanbauten untergebracht.

Das Schiff wird durch eine von der Werft gebaute Dampfsteuermaschine mit Reservehandrad gesteuert, und zwar sowohl von der Brücke wie von Deck aus. Im übrigen bietet die Form und Bauart des Schiffes nichts, was von der erprobten Regel abweicht. Man erkennt jedoch bei aufmerksamer Besichtigung der gesamten Einrichtung, daß bei diesem Dampfer alle guten Erfahrungen von Reederei, Werft und Turbinenfabrik ausgenutzt sind.

Die Maschinenanlage

besteht aus einer Hoch- und Niederdruckturbine mit Überdruckbeschaufelung, Abb. 4 bis 7. Im Hochdruckzylinder durchströmt der Dampf zunächst ein durch Düsen beaufschlagtes zweikränziges Gleichdruckrad, so daß die höchsten Drücke und Temperaturen von dem Innern des Hochdruckzylinders ferngehalten werden. Der Niederdruckzylinder enthält außerdem eine Rückwärtsturbine, die nur aus einem durch Düsen beaufschlagten zweikränzigen Gleichdruckrad besteht. Die Drehzahl der beiden Turbinen von 3600 Uml./min wird durch ein doppeltes Zahnradvorgelege auf 38 Uml./min heruntergesetzt, wobei die Umlaufzahl hinter der ersten Übersetzungsstufe 330 Uml./min beträgt. Die Vorgelege arbeiten mit Pfeilrädern; die gußeisernen Radkörper tragen warm aufgezogene Radkränze aus Sonderstahl. Die Ritzel bestehen wie üblich aus hochwertigem Stahl. Das ganze Getriebe wird mit Öl geschmiert, das unter 3 at Druck steht.

Das Hauptmanövrierventil und das Rückwärtsventil werden durch ein gemeinsames Handrad bedient. Die Umsteuerung von vorwärts auf rückwärts kann in wenigen Sekunden erfolgen. Da das Schiff in seiner Eigenschaft als Flußfahrzeug häufig überlastet werden muß, ist die Turbine mit Überlastventilen ausgestattet. Mit dieser Einrichtung kann man die Leistung bis auf 1700 Wellen-PS oder rd. 2000 PS_i steigern.

Um ein Durchgehen der Turbine zu vermeiden, ist auf beiden Wellen je ein Sicherheitsregler angebracht, der bei unzulässiger Erhöhung der Drehzahl ausschlägt und das Hauptabsperrventil schließt.

Der neben der Turbine liegende Oberflächenkondensator erhält sein Kühlwasser durch eine Schleuderpumpe, die auf der Getriebezwischenwelle der Niederdruckseite sitzt. Die Luft im Kondensator wird durch einen Dampfstrahlapparat abgesaugt; ein zweiter Dampfstrahlapparat dient zur Aushilfe. Der Abdampf dieser Apparate wird in einem Kühler, durch den das Kondensat der Hauptmaschine fließt, niedergeschlagen und dem Turbinenkondensat zugeführt.

Die für die Dampfversorgung der Turbine und Hilfsmaschinen erforderliche Dampfmenge wird in zwei von der MAN, Werk Gustavsburg, erbauten zylinderförmigen Flammrohrkesseln von je 250 m² Heizfläche bei 14 at Betriebsdruck erzeugt.

Die Schaufelräder sind mit Rücksicht auf die steigerungsfähige Turbinenleistung besonders stark ge-

Abb. 4. Gesamtanordnung der Maschinenanlage.

baut und wiegen je 43,3 t. Sie sind zweiteilig, und die Schaufeln des Innenrades sind gegen die des Außenrades um die halbe Teilung versetzt. Hierbei hat sich entgegen den öfters geäußerten Behauptungen gezeigt, daß eine solche Schaufelteilung keineswegs gegenüber der üblichen nachteilig ist.

Bei der Abnahmefahrt schleppte der Dampfer vier Schiffe mit rd. 6500 t Schlepplast und durchfuhr dabei die im Bauvertrag vereinbarte Probestrecke von Duisburg bis Köln in 16 h 33 min. Dadurch wurde die übliche Schleppzeit auf dieser Strecke bei normalem mittleren Wasserstand von 18 h um weit über 1 h unterschritten, wobei noch besonders berücksichtigt werden muß, daß die Fahrt bei steigendem Wasserstand und Hochwasser stattgefunden hat. Bei normalem Wasserstande läßt sich eine noch geringere Fahrtdauer erzielen. Während der sechsstündigen Kohlenmeßfahrt war die verbrauchte Kohlenmenge

Abb. 5.

Abb. 6.

Abb. 7. Schnitt $a-b$ durch das Zahnradvorgelege.

Abb. 5 bis 7. Turbinenanlage mit Zahnradgetriebe.

bei einer mittleren Maschinenleistung von 1575 Wellen-PS zu 0,6 kg/WPSh festgestellt worden. Vergleichsweise sei erwähnt, daß ein neuzeitlicher Kolbenmaschinenschlepper für die gleiche Strecke mit dem gleichen Anhang bei etwa 18 h Fahrzeit mindestens 0,7 kg/WPSh Kohle verbraucht.

Auch der Dieselmotor, der neuerdings in die Binnenschiffahrt Eingang findet, dürfte keinen Vergleich mit der Turbine aushalten können. Der Dieselschlepper „Haniel 28" verbraucht 187 kg/PSh Treiböl. Die Maschinenleistung dieses Doppelschraubenschiffes beträgt 2 · 770 = 1540 WPS, stimmt also mit der des Turbinenschleppers „Dordrecht" überein.

Unter Zugrundelegung der beim Turbinenschiff auf der Strecke Duisburg-Köln festgestellten Leistung ergibt sich der Ölverbrauch für die gleiche Fahrzeit zu rd. 5 t Öl. Bei einem Gasölpreis[1]) von 11,80 M für 100 kg betragen demnach die Brennstoffkosten des Dieselschiffes für die Strecke Duisburg-Köln 590 M. Die Kosten für Kohlen bei einem Kohlenpreis von 20 M/t betragen aber nur 321 M. Selbst wenn man annimmt, daß der Preis für Dieselöl in Holland nur etwa 88 M/t beträgt, vermindern sich die Brennstoffkosten des Dieselschiffes doch nur auf 440 M. Die Ersparnis des Turbinenschiffes beträgt also immer noch etwa 27 vH. Für das Aufbänken der Feuer, das täglich beim Zuankergehen notwendig ist, wird bei dem Turbinenschiff noch ein Zuschlag zum Kohlenverbrauch zu machen sein, der diesen Vergleich aber nicht wesentlich ändert, weil anderseits auch der Schmierölverbrauch beim Dieselschiff noch mitberücksichtigt werden muß.

Der Turbinendampfer „Dordrecht" hat seit seiner Inbetriebsetzung ohne jede Störung gearbeitet. Besonders verdient auch der vollständig gleichmäßige Lauf der Zahnradgetriebe hervorgehoben zu werden. Seine großen Vorzüge den bisher verwendeten Kolbenmaschinenschleppern gegenüber lassen erwarten, daß ihm weitere für größere Leistung bestimmte Turbinendampfer in der Binnenschiffahrt folgen werden.

Der von der Abnahmekommission abgefaßte Bericht über die Probefahrt lautet wie folgt:

„Der Dampfer „Dordrecht" war mit 145 t Bunkerkohle belastet, der Tiefgang betrug im Mittel 1,40 m. Im Anhang waren vier Kähne von zusammen 6582 t Tragfähigkeit, beladen mit 6287 t. Demnach betrug die in Anrechnung zu bringende Schlepplast $6287 + \frac{145}{2} =$ rd. 6360 t.

Der Pegelstand war in Köln am 26. Juli 1924 = 2,52 m, am 27. Juli = 2,71 m, am 28. Juli = 2,87 m und am 28. Juli 12,30 Uhr = 2,89 m; er stieg demnach.

Das Wetter war am 27. Juli wolkig, später klärte es sich auf, am 28. Juli war es ebenfalls trübe. Die Windstärke betrug 3 bis 4 nach der Beaufortskala. Die Strecke Hochfelderbrücke (272,3) bis Köln Eisenbahnbrücke wurde in insgesamt 17 h 15 min zurückgelegt, und zwar wurde am 27. Juli 10 h 30 min und am 28. Juli 6 h 45 min geschleppt. Hiervon sind für Aufenthalte (Zollabfertigung, Brücken, Fahrgäste absetzen usw.) am 27. Juli 30 min, am 28. Juli 12 min abzurechnen, somit beträgt die reine Schleppfahrzeit 16 h 33 min.

Der Kohlenverbrauch wurde am 27. Juli 1924 durch eine sechsstündige Messung festgestellt. Er betrug beim Vorderkessel 3162 kg mit 545 kg Rückständen und beim Hinterkessel 3179 kg mit 500 kg Rückständen. Gesamtbrutto-Kohlenverbrauch 6341 kg. An Rückständen sind 8 vH zulässig, mithin sind abzuziehen: $\left(1045 - \frac{6341.8}{100}\right) = 1045 - 507 = 538$, hierzu $6 \times 30 = 180$ kg Abzug für Rudermaschine, ergibt 718 kg. Demnach beträgt der Nettokohlenverbrauch $6341 - 718 = 5623$ kg und der Stundenverbrauch $\frac{5623}{6} = 937$ kg/h.

Die mittlere Leistung der Maschine bei mittlerer Drehzahl von 38,3 Uml./min beträgt nach Angabe von Brown, Boveri & Cie. 1575 Wellen-PS, also ist der Kohlenverbrauch $\frac{937}{1575} = 0{,}595$ kg/Wellen-PSh.

Der Druck im Ringkanal der Turbine betrug 3,66 kg/cm² und die Luftleere im Mittel 97 vH. Der Dampf war leicht zu halten; der Kohlensäuregehalt der Abgase betrug im Mittel 12,6 vH, das Gemisch $CO_2 + O$ 19 vH. Die Temperatur der Abgase war im Mittel = 273,8 °C, der Schornsteinzug = 4 bis 4,5 mm W.-S.

Am 28. Juli 1924 betrug die mittlere Leistung der Maschine bei im Mittel 39,5 Uml./min des Rades nach Angabe von Brown, Boveri & Cie. 1650 Wellen-PS."

[B 831] Dr.-Ing. R. Bl.

[1]) 100 kg Gasolin für Dieselmotoren kosten z. Zt. 21,50 M bei Faßabnahme, wenn ein Zollerlaß nachgewiesen wird, 14,50 M.

Ein neuer Fahrgastdampfer der Hamburg-Amerika-Linie.

Die Fahrgastdampfer „Albert Ballin" und „Deutschland", die wie einige andre Schiffe (z. B. „Kap Polonio" der Hamburg-Südamerikanischen Dampfschiffahrtsgesellschaft, Motorfahrgastschiff „Fulda" des Norddeutschen Lloyd) formstabile Anbauten erhalten haben, haben sich im Betriebe so bewährt, daß die Hamburg-Amerika-Linie ein drittes Schiff von etwa gleicher Größe bei Blohm & Voß, Hamburg, in Bau gegeben hat. Das Schiff erhält 183 m Länge, 22 m Breite, 17 m Höhe, 21 000 B.-R.-T. Raumgehalt und Platz für etwa 225 Fahrgäste erster, 475 Fahrgäste zweiter und 560 Fahrgäste dritter Klasse. Die erste Ausreise soll im Mai 1926 nach New York stattfinden. [N 184]

Amerikanischer Seendampfer mit wirtschaftlichem Dampfantrieb.

Die Bradley Transportation Co. hat der American Shipbuilding Co., Cleveland, den Bau des größten selbstlöschenden Erzdampfers übertragen, der bisher gebaut worden ist. Das Schiff erhält 190 m Länge, 19,5 m Breite und trägt bei nur 6,7 m Tiefgang 13 000 t Erz. Es wird mit den größten bisher gebauten Gurtförderanlagen ausgerüstet und soll seine Ladung in wesentlich kürzerer Zeit löschen, als bisher bei ähnlichen Schiffen üblich war. Mit dem Bau ist Anfang Dezember begonnen worden, und die Ablieferung soll am 1. August 1925 erfolgen. Die Baukosten werden 1½ Mill. Dollar betragen.

Zum Antrieb des Schiffes dient ein Elektromotor von 3000 Wellen-PS, der von der General Electric Co. geliefert wird. Zur Erzeugung der elektrischen Kraft zum Antrieb des Schiffes, der Motoren für die Löschanlagen sowie der Hilfsmaschinen werden Turbodynamos dienen. Bemerkenswert ist vor allem die Kesselanlage des Schiffes, die aus drei Foster-Wasserrohrkesseln von je 275 m² Heizfläche besteht. Diese Kessel sind mit Foster-Überhitzern ausgerüstet, in denen der Dampf, der den verhältnismäßig hohen Druck von 21 at hat, um 105° überhitzt wird; ferner sind Foster-Ekonomiser vorgesehen, in denen das Speisewasser um 70 °C vorgewärmt wird. Die Temperatur der Abgase soll nicht mehr als 150 °C betragen. Zur Erzielung geregelter Dampferzeugung und um mit geringer Bedienungsmannschaft auszukommen, werden die Kessel mit Riley-Unterschubfeuerung versehen. Man hofft, mit dieser Kesselanlage einen Wirkungsgrad von 86 vH zu erreichen.

Die Maschinenanlage ist auf den großen Seen gleichfalls neu, da bis dahin Dreifachexpansions-Kolbenmaschinen üblich waren. Alle Hilfsmaschinen werden möglichst elektrisch angetrieben, oder, wo dies nicht angängig ist, durch kleine Dampfturbinen, damit Öl aus dem Kreislauf des Wassers völlig ferngehalten wird. Man erwartet, daß die Anlage mit ungefähr 0,45 kg West Virginia-Kohle für die Wellen-PS betrieben werden kann. Diese Kohle hat etwa 7800 kcal/kg Heizwert und kostet rd. 5½ $/t, so daß die Brennstoffkosten geringer werden, als bei den vor kurzem in Betrieb gestellten Fordschen Dieselmotorschiffen, die gleichfalls in der Erzfahrt auf den großen Seen tätig sind. (Marine Journal, New York, 6. Dezember 1924.) [N 55] . C.

Neue Wege zum Fabrikationserfolg.

Von Prof. Dr.-Ing. Georg Schlesinger, Charlottenburg.

(Schluß von S. 274.)

Erziehungsfragen.

Die Heranziehung des Nachwuchses an Lehrlingen und Ingenieurlehrlingen ist erst in der Entwicklung begriffen. Bisher hat die Einwanderung der gelernten, hauptsächlich deutschen Arbeiter offenbar das planvolle Erziehen von Lehrlingen unnötig gemacht. Auch sehr weitsichtige Fabrikbesitzer geben offen zu, daß sie die Kosten der Lehrlingserziehung bisher als eine unnötige Belastung angesehen haben, daß sie aber in den letzten Jahren, wohl infolge der unterbundenen Einwanderung, immer mehr deren Notwendigkeit einsehen. Die Heranbildung wird dadurch erschwert, daß das Gesetz die Beschäftigung von Leuten unter 16 Jahren nicht gestattet, daß aber durchaus nicht alle Jungen Neigung und Fähigkeit haben, die sogenannte „High School" (Mittelschule) vom 12. bis zum 14. Jahr zu besuchen, sondern dazu neigen, sich einen lohnenden Tagesverdienst, zunächst als Schuhputzer oder Zeitungsverkäufer, zu suchen und sich mit dem 14. Jahr unmittelbar als ungelernter Arbeiter (laborer) an irgendeine Maschine stellen zu lassen, an der sie sehr bald, je nach ihrem Können, sehr gut verdienen; denn in Amerika fragt man in der Werkstatt weder nach dem Familienstand des Arbeiters, verheiratet oder ledig, noch nach seinen Zeugnissen.

Nur die ganz großen und gut geleiteten Fabriken (Brown & Sharpe, Yale & Towne, General Electric, Westinghouse, Ford u. a. m.) ziehen Lehrlinge heran. Die ganze Fordfabrik hat aber auf 110 000 Arbeiter knapp 900 Lehrlinge in Ausbildung, d. h. 0,9 vH. Bei der General Electric in Lynn kamen dagegen auf 12 000 Leute 220, also etwa 2 vH; das ist, an Deutschland gemessen, verhältnismäßig recht wenig. Dabei werden die gelernten Werkzeugmacher sehr gut bezahlt. Sie verdienen wöchentlich bis 60 Dollar; der Durchschnittverdienst der Gelernten beträgt 40 bis 50 Dollar, während die Ungelernten etwa 30 Dollar, d. h. 60 bis 65 vH des Lohnes der Gelernten verdienen. Das entspricht etwa unseren Vorkriegsverhältnissen, wo nur für gleiche Arbeit gleicher Lohn, für ungleiche Arbeit aber ungleicher Lohn bezahlt wurde.

Wesentlich größere Aufmerksamkeit und Sorgfalt wird der Erziehung der Ingenieurlehrlinge gewidmet. Hier ist besonders der Cincinnati-Plan für die Ausbildung der Ingenieure mit vollem akademischem Abschluß bemerkenswert. Die technische Hochschule — Universität, wie man in Amerika sagt, — hat in Cincinnati mit der sehr gut vertretenen Industrie die eigenartige Vereinbarung getroffen, daß die Studenten des Maschinenbaues (Department of Engineers) zunächst ein halbes Jahr nur auf der Hochschule, die übrigen 4½ Jahre aber wechselweise vier Wochen in der Fabrik und vier Wochen auf der Universität arbeiten. Damit Universität und Fabrik gleichmäßig belastet werden, werden immer je zwei Studenten gewissermaßen zusammengebunden, die dauernd miteinander tauschen und denselben Lehrgang durchmachen.

Der Urheber des Planes ist der Dekan des Engineer-Departments in Cincinnati, Dean Hermann Schneider; er hat mit dem Ausschuß der Stifter der Universität (Board of Trustees), der eine Anzahl von Werkzeugmaschinenfabrikanten enthält, diesen eigenartigen Gedanken der dauernden Wechselwirkung zwischen Hochschule und Praxis in die Tat umgesetzt. Die Ergebnisse sollen nach den übereinstimmenden Urteilen aller Beteiligten in der Unterrichts- und in der Lehrzeit sowie nach bestandener Abschlußprüfung (Bachelor of Science) sehr zufriedenstellen, soweit es sich um Heranbildung von Betriebsingenieuren handelt. Dagegen soll der Konstrukteurnachwuchs geradezu auf null gesunken sein. Der Konstrukteur wird in Amerika nicht gut genug bezahlt, wenn auch immer noch erheblich besser als bei uns. Man kann die Einrichtung von Cincinnati nicht verallgemeinern, man sollte sie vielleicht an der einen Hochschule beibehalten, sonst aber nach den Bedürfnissen abändern.

Bemerkenswert ist, daß auch eine höhere Maschinenbauschule (High-School) in Springfield, Vermont, gewöhnliche Lehrlinge vom 16. bis 20. Jahr in ähnlicher Weise, jedoch mit vierzehntägigem Wechsel zwischen Unterricht und Lehre, ausbildet. Springfield hat etwa 7200 Einwohner, wovon über die Hälfte Arbeiter sind. Es handelt sich bei diesem Versuch im ganzen um 50 bis 60 Jungen. Das Ergebnis soll ebenfalls befriedigen. Auch hier gelten ähnliche Einwendungen, wie bei den Ingenieurlehrlingen. Die Stadt Springfield spart die Lehrwerkstätten, die sich für die 50 Jungen kaum lohnen würden, weil die sechs großen Werkzeug- und Werkzeugmaschinenfabriken und Gießereien (Jones & Lamson, Fellows, Bryant-Cucking, Snath & Co. u. a.) in der Lage sind, die $^{60}/_{2} = 30$ fertig ausgebildeten Lehrlinge dauernd aufzunehmen.

In Cincinnati stößt das beim starken Besuch der Universität, der doch eine ganz ausgezeichnete „High-School" vorangeht, bereits auf große Schwierigkeiten. Die jungen Leute müssen oft bis Cleveland, Chicago und nach den New England-Staaten fahren, wodurch für sie Zeitverlust und Kosten entstehen. Immerhin beweist der beachtenswerte Versuch, daß sich solche schwierigen Aufgaben lösen lassen, wenn an den beteiligten Stellen nur der gute Wille vorhanden ist. Man sollte daher auch in Deutschland überlegen, ob man die Schematisierung, insbesondere in den großen Städten, wie Berlin, aufrecht erhalten soll, wonach die Ingenieurlehrlinge verpflichtet werden, ein volles Jahr hintereinander praktisch zu arbeiten. Diese Bestimmung begünstigt die Begüterten, die Ärmeren (oft sehr Befähigten) werden aber so benachteiligt, daß sie unter Umständen auf die wünschenswerte Ausbildung verzichten müssen und daher in einem Kleinbetrieb Arbeit suchen, der ihnen zwar die Möglichkeit gibt, die Vorbedingung für den Dipl.-Ing. zu erfüllen, aber ohne daß sie auch nur entfernt das gelernt haben, was sie in einer guten Fabrik hätten lernen können. Daher schneidet sich die Industrie mit solchen Bestimmungen, die ja eigentlich nicht sachlich, sondern machtpolitisch getroffen sind, ins eigene Fleisch. Die Störung, die der ununterbrochene Lehrgang der Ingenieurlehrlinge in den Werkschulen hervorbringt, ist nicht so bedeutend, daß sie nicht bei ernstem Willen, diese Schwierigkeiten aus dem Wege zu räumen, ohne Schaden für die Fabrikordnung zu ertragen wäre.

Werbung und Zeitschriften.

Eine Zeitschrift, die der Industrie ernstlich dienen will, kann sich nicht damit begnügen, von Fall zu Fall einmal Zusammenstellungen über irgendein Fachgebiet zu drucken, die bunt zusammengewürfelt sind, und durch den Zufall einer Aufstellung oder Messe die eine oder andere Maschinengruppe besonders bevorzugen, ganze Fabriken aber auslassen, weil diese sich nicht beteiligt haben. Dann fehlt ein wichtiges Glied in der Übersicht, und der Außenstehende wird irregeleitet. Fachzeitschriften, deren Schriftleitungen, wenn sie wirklich auf der Höhe sind, eine verantwortungsvolle Aufgabe erfüllen, leisten der Industrie unschätzbare Dienste, weil sie, insbesondere, wenn sie die Erzeugung behandeln, erzieherische Arbeit an Facharbeitern, Vorarbeitern, Meistern, Betriebsingenieuren, ja auch Betriebsleitern und Konstrukteuren verrichten, die in anderer Weise überhaupt nicht geleistet werden kann. Nur die Zeitschrift, die dauernd auf der Höhe bleibt, und die in ununterbrochener Folge die großen und schwierigen Arbeitsgebiete der Werkstatt, besonders der Erzeugung behandelt, ist das immer frische Lehrbuch, aus dem der Betriebsmann schöpft.

Bücher kommen immer zu spät, sind meist beim Erscheinen veraltet, nur die Zeitschrift folgt ununterbrochen, und unter den Zeitschriften sind nur die wertvoll, deren Schriftleitungen unabhängig sind, die rücksichtslos alles Veraltete zurückweisen, die selbst fachtechnisch beurteilen können, ob eine Einsendung inneren Wert hat oder nur Reklame ist.

Nur eine Schriftleitung, die übersichtlich und scharf sichtet, ist der Wächter für den Fortschritt, ist wertvoll für eine Industrie. Es darf nicht vorkommen, daß eine Schriftleitung auf Dinge hereinfällt, die Jahre vorher in anderen Zeitschriften veröffentlicht worden sind oder gar als Druckschriften ein ehrwürdiges Alter haben. Dagegen ist in den letzten Jahren in der Absicht, den ausländischen Wettbewerb zu schlagen, planmäßig darauf hingearbeitet worden, die Betriebsleute mit allen Neuerungen bekannt zu machen, Die Industrie hat ein Lebensinteresse, solche nützlichen Zeitschriften bei vollem Leben zu erhalten. Sie muß daher außer dem mäßigen Jahresbeitrag den natürlich viel höheren Anzeigenbeitrag zahlen, der sehr berechtigt ist, weil nur durch diese Stützung der billige Bezugpreis für Arbeiter und Betriebsangestellte, die unentbehrliche fortlaufende Belehrung für diese wichtigen, aber schlecht bezahlten Mitarbeiter der Industrie durch die Zeitschrift erschwinglich gemacht wird. In keiner Schule lernt der Arbeiter oder Angestellte, was er am Abend oder Sonntag in der guten Zeitschrift liest. Eine einzige solche Anregung kann die Kosten einer Anzeige auf Jahre bezahlt machen.

So denken und sprechen amerikanische Werkleiter! Wir können das nur unterschreiben; es liegt daher im Interesse des deutschen Werkzeug- und Werkzeugmaschinenbaues, an diese Zusammenhänge zu denken und nicht bloß daran, daß der große Umlauf einer Zeitschrift ihre Fabrikate in weiten Kreisen bekannt macht oder bekannt erhält.

Schlußfolgerungen.

Vorzügliche Ausführung und beste Konstruktion gelten drüben als die einzigen Mittel, um im Wettbewerb auf dem Weltmarkt zu bestehen. Die guten Maschinen sind so leistungsfähig, daß Güte und Menge der von ihnen gelieferten Teile als unerläßliche Grundlage für den besonders im Automobilbau betriebenen Austauschbau angesehen wird. Die amerikanischen Werkzeugmaschinenfabriken sind sich dabei voll bewußt, daß es mit der Ausfuhr normaler Werkzeugmaschinen nach Deutschland zu Ende oder beinahe zu Ende ist. Firmen, die früher 15 bis 25 vH ihrer Erzeugung nach Deutschland ausgeführt haben, — die Ausfuhr amerikanischer Werkzeugmaschinen nach Deutschland stand eine Zeitlang an erster Stelle, — rechnen damit, daß dieser Anteil auf 3 bis 5 vH zurückgehen oder ganz verschwinden wird. Nur gewisse normale Hochleistungsmaschinen scheinen in Deutschland auch heute trotz scharfen vielseitigen deutschen Wettbewerbes verkäuflich zu sein. (Amerikanische Hochleistungsdrehbänke von 150 mm Drehdurchmesser und 400 mm Spitzenweite kosten 1 Dollar für 1 kg Gewicht.)

Der Großwerkzeugmaschinenbau war in Amerika, ähnlich wie in Deutschland, in wenigen Händen vereinigt. William Sellers und Newton in Philadelphia und die Vereinigten Niles-Bement-Pond sind die drei Hauptfirmen, die, wie in Deutschland Schieß, Kalker Werkzeugmaschinenfabrik vorm. Breuer & Schumacher, Droop & Rein, Richard Hartmann-Chemnitz, u. a. m., den Markt beherrschen und die sehr große, aber verhältnismäßig wenige Stücke liefern. Der deutsche Großwerkzeugmaschinenbau ist von jeher eigene und gute Wege gegangen, er ist konstruktiv und ausführungstechnisch auf der Höhe. An Reihen- oder gar Massenfabrikation ist hier nicht zu denken, ebensowenig wie drüben, und die wenigen großen Maschinen, die im Jahr bestellt und gebaut werden, werden von den vorhandenen Fabriken mühelos bewältigt. Hier herrscht keine Furcht vor auswärtigem Wettbewerb, weder hinsichtlich der Ausführung noch wegen des Preises.

Im Sondermaschinenbau dagegen glauben die Amerikaner, uns dauernd den Rang abgelaufen zu haben und auch billiger liefern zu können, weil solche Maschinen in Amerika immer in größeren Mengen hergestellt werden, während sich Konstruktion und Bau einzelner Maschinen nicht lohnt und in absehbarer Zeit in Deutschland kein Massenbedarf zu erwarten ist. Diese Sondermaschinen betreffen insbesondre den Automobilbau, die Großerzeugung von Elektromotoren und elektrischen Geräten sowie den Eisenbahnfahrzeug- und Landmaschinenbau.

Eine gründliche Änderung der Stille auf den Märkten der Welt und erträgliche Aussichten unserer Industrie sind nur dadurch zu erreichen, daß man zunächst einmal in allen Ländern, also nicht nur in Deutschland und Amerika, höchstens auf die Leistungen von 1914 zurückgeht. Das ist nötig, weil sich die meisten industriellen Werke aller Art nach dem Kriege derartig mit neuen und leistungsfähigen Maschinen eingedeckt haben, daß sie diesen Maschinenpark erst einmal beschäftigen und abnutzen müssen, ehe sie an neue Beschäftigung denken können. Die günstige Marktlage für Werkzeugmaschinen war stets von kürzerer Dauer als für andre Maschinen. Daher werden sich auch bei uns die Werke erheblich zusammenschließen müssen. Schon jetzt liegen in den amerikanischen Fabriken die Kriegsbauten ganz still, die vielfach die ursprünglichen Fabriken mindestens auf das Doppelte erweitert hatten.

Die Werkzeugmaschinenfabriken haben sich drüben im wesentlichen auf Arbeitsteilung eingestellt. Sie haben ihr Arbeitsprogramm und damit ihre Unkosten verringert, dafür aber ihre Einrichtungen in einer Weise vervollkommnet, die in Deutschland selten ist. Ein weiterer wichtiger Grund für den Wirtschaftserfolg ist, daß man die Konstruktion so lange wie möglich unverändert erhält. Das ergibt sich gewissermaßen von selbst aus den umfangreichen und teuren Einrichtungen, die bei Änderung der Konstruktion ins Alteisen wandern müßten. So rühmt sich die Firma Jones & Lamson, daß sie, von geringen Verbesserungen abgesehen, seit 15 Jahren ihre Maschinen nicht umkonstruiert hat, Ähnliches berichten Brown & Sharpe, Norton, Fellows, Warner & Swasey, Cleveland-Automatic u. a. m. Das Geheimnis des wirtschaftlichen Erfolges liegt eben auch in einer konservativen aber guten Konstruktion. Trotzdem arbeiten alle diese Firmen an Neuerungen; sie bereiten sie aber ganz langsam und vorsichtig vor und bringen sie nicht auf den Markt, bevor sie ganz sicher sind, daß sie praktisch durchaus spruchreife, durchgearbeitete und durchschlagende Verbesserungen darstellen.

Auffällig ist auch, daß die Schrupparbeiten in allen Werkstätten, die Gußteile und Gewindestücke in Mengen verarbeiten, zurückgeht. Auch hier ist der Automobilbau maßgebend, der die Gußstücke nur von der Formmaschine, die Schmiedestücke nur aus den Gesenken mit kleinen Zugaben abnimmt. Das verlangt eine sehr hoch getriebene Werkzeugtechnik und dauernde Arbeit an der Vergleichmäßigung des Rohstoffes. Damit gehen die Abnahmebedingungen der Materialprüfstellen in den Automobilfabriken Hand in Hand, die mit immer größerer Schärfe durchgedrückt werden. So verschwinden die Klagen über rissige, sandige Guß- und über harte Stellen; die Gefahr für die Werkzeuge bei sehr großer Schnittgeschwindigkeit nimmt ab, und die Werkzeugmaschinen werden dauernd mit den günstigsten Geschwindigkeiten und Vorschüben ausgenutzt; das halten aber auf die Dauer wieder nur die besten und kräftigsten Maschinen aus. So kommen in manchen Automobilfabriken, wie Ford, Dodge, Hudson, Buick, Oakland, Chevrolet usw. die Maschinen häufig 24 Stunden lang überhaupt nicht zum Stehen; und damit muß schon beim Entwurf der Maschinen gerechnet werden. Le Blond liefert für Aluminium oder Guß- oder Schmiedeeisen eine Einfach-Drehbank, die nur mit einer einzigen für Leichtmetalle sehr hohen Geschwindigkeit läuft. Die Durchbildung der Lager und der Schmiereinrichtungen an den selbsttätigen Maschinen aller Art legt ein beredtes Zeugnis dafür ab, wie die Konstrukteure auf hohe Leistungen Rücksicht nehmen.. Da zu erwarten ist, daß auch in Deutschland z. B. der Automobilbau in ein andres Fahrwasser gerät, wenn er bestehen will, so wird der deutsche Werkzeugmaschinenbau mit den Industrien der Kraftwagen, Elektromaschinen, Landmaschinen anders als bisher Hand in Hand arbeiten müssen, um vom amerikanischen Werkzeugmaschinenbau nicht einfach an die Wand gedrückt zu werden.

Über die deutsche Produktion besteht keine Statistik, Abb. 38, dagegen zeigt die deutsche Ausfuhrstatistik, Abb. 39 und Zahlentafel 1, ein beängstigendes Abfallen der Ausfuhrziffern; sollten etwa zu frühzeitig die Zollgrenzen gegen fremde Automobile abgebaut werden, so dürfte die ganze deutsche Werkzeugmaschinenindustrie in eine bedrohliche Lage kommen, weil ihr bei sinkender Ausfuhr gleichzeitig

Zahlentafel 1.

Maschinengattung	in 1000 t				in Millionen Goldm.	Vorkriegswert	Gegenwartswert	
	1913	1922	1923	1924*)	1913	1923	1923	1924*)
Metallbearbeitungsmasch.	74,3	59,7	35,6	34,0	81,8	39,2	48,4	49,0
Holzbearbeitungsmaschinen	12,2	15,5	12,9	8,9	12,9	13,5	14,2	10,1
Sonstige Werkzeugmasch.	8,7	2,9	1,3	1,0	8,6	1,2	1,5	1,3
Werkzeugmaschinen: W	90,2	78,1	49,8	43,9	98,3	53,9	64,1	60,4
Dampflokomotiven D	54,4	101,3	17,1	15,2	55,2	17,2	26,9	17,0
Textilmaschinen T	73,8	43,3	45,2	42,2	107,6	67,4	94,7	95,0
Landwirtschaftl. Masch. L	40,7	34,4	26,7	20,3	34,9	26,1	22,4	18,6
El ktrische Maschinen E	41,9	23,7	26,9	29,2	64,4	43,9	55,1	46,8
Sonstige Maschinen S	277,7	198,1	142,8	99,8	312,1	159,6	196,8	160,2
Maschinenteile, Kessel K	93,4	62,8	42,4	34,8	98,3	46,0	63,7	65,0
Maschinen insgesamt	672,1	541,7	350,9	285,4	770,8	414,1	523,7	462,5
Davon Werkzeugmaschinen in vH	13,4	14,4	14,2	15,4	12,7	13,0	12,2	13,0

*) errechnet aus den Monaten Januar-Mai.

Bezeichnung der Maschine	Deutschland Wert in Mark	Nordamerika Wert in Dollar
Abstechmaschinen		612 340
Biegemaschinen		616 443
Bohrmaschinen		8 140 067
Bohrwerke		3 577 356
Drehbänke		18 990 485
Fräsmaschinen		6 047 225
Gewindeschneidmasch.		1 088 910
Hämmer		875 728
Hobelmaschinen		2 110 093
Nietmaschinen		658 218
Pressen		6 143 820
Rädererzeugungsmasch.		3 506 206
Räummaschinen		347 377
Rohrabdreh- u. Gew.-Schn.-M.		1 002 497
Scheren (Kraft)		9 980 689
Schleifmaschinen		7 781 622
Schmiedemaschinen		812 877
Schraubenautomaten		4 840 739
Stanzen u. Schnitte		1 119 302
Stoßmaschinen senkr.		446 363
Stoßmaschinen wager.		2 052 805
tragbare Werkzeugmasch.		9 312 812
alle and. Werkzeugmasch.		22 110 484
Teile und Zubehör		25 460 514
Werkzeuge, Lehren u. s. w.		8 571 124

Abb. 38. Werkzeugmaschinenherstellung im Jahre 1923.

Abb. 39. Deutschlands Maschinenausfuhr.

eines der wichtigsten Arbeitsgebiete im Inland für alle Zeiten genommen wird.

Die Umsetzung der geäußerten Grundsätze in die Wirklichkeit wird davon abhängen, ob es möglich sein wird, ähnlich den Zubehörteilfabriken in Amerika, in Deutschland Zubehörteilfabriken des Werkzeugmaschinenbaues ins Leben zu rufen, die wiederum nur auf der Grundlage der Normung denkbar sind. Für Handräder, Handgriffe aller Art, Stifte u. dergl. ist diese Aufgabe bereits gelöst, sie müßte aber auch für Zahnräder, Spitzen, Kupplungen, Kugelgelenke u. dergl. bearbeitet werden, und man braucht diese Frage nur anzurühren, um alle die Schwierigkeiten zu kennzeichnen, die sich bei ihrer Durchführung auftürmen.

Ein amerikanisches Beispiel dieser Art sind die Hinterradachsen der Automobile, die von vielen sehr großen und bedeutenden Fabriken, z. B. Packard, Lincoln, Cadillac, einfach von der Timken Roller Barning Co. fertig bezogen und eingebaut werden. Es handelt sich dabei nicht nur um einen einzelnen Maschinenteil wie ein Rollenlager, sondern um die ganze Achse. Dabei lassen sich für beide Teile wirtschaftliche Vorteile erzielen; die eine Firma kann in großem Umfang, also sehr billig und gut, fabrizieren und verkaufen, so daß die andre Firma billiger fährt, wenn sie keine eigene Fabrikation aufnimmt, obwohl die Herstellerin der Achse auch verdienen muß.

Eine weitere Bedingung für unser Vorwärtskommen ist die Zusammenarbeit von Lieferer und Besteller, nämlich das, was die Amerikaner unter ihrer neuen offenen Geschäftsmoral verstehen, d. h. die Mitteilung der Ergebnisse von Fabrik zu Fabrik unter Beseitigung der Geheimniskrämerei, die bei uns zu Lande noch immer so ausgebildet ist und den Fortschritt auf allen Gebieten stark hemmt. Die Statistiken der Produktion auf den einzelnen Arbeitsgebieten im Werkzeugmaschinenbau sind drüben in vorbildlicher Weise ausgebildet. Sie beruhen auf Maßnahmen der Regierung, die aus der Tätigkeit des Bureau of Standards in Washington im Department of Commerce münden. Dieses bringt in bestimmten Zeiträumen Zusammenstellungen heraus, auf die wir zurzeit in Deutschland verzichten müssen. Weder die große und geschlossene Organisation des Vereines Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken, noch viel weniger die staatlichen Stellen verfügen über die Kenntnisse des Werkzeugmaschinenbaues und seiner Leistungen auch nur annähernd in dem Maße, wie es drüben als selbstverständlich angesehen wird. Das soll keine Empfehlung einer Art Zwangswirtschaft unter staatlicher Obhut sein. Solange sich die Industrie selber helfen kann, muß sie sich selbst helfen, muß sie die Wege finden, die für ihr Wohlergehen zweckmäßig sind. Nach Staatshilfe soll man möglichst nicht schreien; denn sie hat sich, es sei nur an die Zwangswirtschaft unseligen Angedenkens erinnert, nirgends bewährt. [B 73]

Herstellung von Weißblechen in Indien.

Die Burma Oil Co. hat in Verbindung mit der Tata Iron & Steel Co.[1]) die Tin Plate Co. in Indien gegründet, um Weißblech im Lande herzustellen. Die Platinen werden von der Tata Co. geliefert, von der Tin Plate Co. ausgewalzt, und die Bleche zum größten Teil von der Burma Co. zu Öltanks verarbeitet. Bisher sind die Bleche eingeführt worden (bis 1914 jährlich 50 000 t). In den neuen Anlagen können jährlich 28 000 t hergestellt werden.

Um den Betrieb auch in der heißen Jahreszeit aufrecht erhalten zu können, hat man besondre Einrichtungen geschaffen, die die Gebäude so kühl wie möglich halten. Diese wurden freistehend besonders hoch und breit mit großen Fenstern gebaut. Zur Lüftung dienen Ventilatoren, denen Vorrichtungen zum Kühlen der Luft vorgeschaltet sind. An den Walzenstraßen ist der Boden durch Wasser gekühlt, ebenso die Wände der Öfen.

Die von der Tata Co. gelieferten Platinen werden auf die richtige Länge geschnitten und durch Schmalspurwagen den Öfen zugeführt. Die Kohlen werden aus einer Grube durch ein Becherwerk in Bunker gebracht, die über den Öfen eingebaut sind. Von hier kommt das Eisen zu den Duoblechstraßen, von denen drei, mit je zwei Strecken angeordnet, aufgestellt sind und in der Mitte liegenden elektrischen Antrieb haben. Dubliermaschinen und Scheren bearbeiten bei der großen Wärme im Sommer selbsttätig das Blech.

Die Bleche kommen nach dem Ausglühen entweder als Schwarzbleche in das hierfür aufgestellte Lagerhaus oder werden zu Weißblechen weiter bearbeitet. Sie laufen hierzu durch drei hintereinander angeordnete Walzen und kommen nochmals in die Glühöfen, um als Feinbleche der Verzinnerei zugeführt zu werden. Hier werden sie gebeizt, gespült, verzinnt, gereinigt und gebürstet. Im Lagerhaus werden sie dann geprüft, geschnitten, gezählt und versandfertig gemacht. („The Iron Age" Bd. 114 (1924) S. 1122.) [N 101] Gw.

[1]) Bd. 53 (1909) S. 1595 u. 1747, Bd. 55 (1911) S. 1746, Bd. 56 (1912) S. 733 u. 810, Bd. 57 (1913) S. 116.

Kristallgitter und Härtung.

Von P. Ludwik, Wien.

Verschiedene Arten der Härtung (durch Kaltbearbeitung, Kornverfeinerung, Legieren, Abschrecken, Altern oder Anlassen) werden einheitlich auf Gleitflächenblockierung durch Kristallgitterstörungen zurückgeführt.

Schon Leukipp und Demokrit haben versucht, die Mannigfaltigkeit der Erscheinungswelt aus der Gestalt und Lagerung der Atome zu erklären. Die wunderbare Ordnung und Symmetrie im Aufbau kristallinen Stoffes führte dann zur Vorstellung des Raumgitters, das ist eine dreidimensional periodische Anordnung der Atome oder Atomgruppen. Die alte Raumgitterhypothese fand glänzende Bestätigung durch die neuzeitliche Kristallerforschung mittels Röntgenstrahlen, die es ermöglicht, die Anordnung und den Abstand der Atome im Gitter versuchsmäßig zu bestimmen.

Bei den heteropolaren Kristallgittern (Steinsalz) lassen die Arbeiten von Kossel, Born, Landé u. a. hoffen, bald rechnerisch aus den elektrostatischen Anziehungen der Ionen die wichtigsten Materialkonstanten berechnen zu können. Dagegen wissen wir bei den für die Technik viel wichtigeren homöopolaren Gittern (Metallen) auch heute noch immer nicht, wie und warum das Raumgitter zustande kommt, welche Kräfte es zusammenhalten und sich jeder Störung der Gittersymmetrie widersetzen.

Bei der völligen Unkenntnis der Struktur solcher kristallin eingebauter Atome können wir vorerst wohl nur annehmen, daß die atomare Bindung durch eine gewisse Verschmelzung benachbarter Elektronenhüllen zustandekommt. Diese Kräfte werden dann auch bestrebt sein, die Gittersymmetrie aufrecht zu erhalten, also verzerrte Atome wieder einzurichten. Diese Fragen sind aber nicht nur für die Physik und Mineralogie von grundlegender Bedeutung, sondern auch für die Metallkunde und mechanische Technologie. Da nämlich alle Metalle und Legierungen kristallin (aus „Kristallkörnern") aufgebaut sind, so sind nicht nur ihre Eigenschaften, sondern auch die Möglichkeiten, sie durch Kaltbearbeitung, Wärmebehandlung, Legierung usw. in gewünschter Weise zu beeinflussen, eng mit den hierbei stattfindenden Änderungen des Raumgitters verknüpft.

Eine für die Verarbeitungsmöglichkeit metallischer Werkstoffe sehr wichtige Eigenschaft ist die Formänderungsfähigkeit. Die meisten Metalle und viele Legierungen lassen sich in gewissen Temperaturbereichen in ihrer Form verändern: sie sind mehr oder weniger schmeidig[1]). Grundsätzlich könnte eine Formänderung kristalliner Haufwerke entweder intergranular durch gegenseitige Verschiebung der einzelnen Kristallkörner oder intragranular durch Änderung der Korngestalt erfolgen. Metallographische Untersuchungen haben ergeben, daß bei dehnbaren Metallen die Formänderung zumeist intragranular ist. Anders z. B. bei Gesteinen, wo solche intragranularen Formänderungen erst bei genügend hohem allseitigem Druck eintreten.

Eine intragranulare Formänderung könnte wieder (von Zwillingsbildungen abgesehen) entweder stattfinden ohne Änderung des Gitters durch reine Translation, also lediglich durch Platzwechsel der Atome (Translationshypothese)[2]), oder es könnten hierbei Gitterstörungen auftreten (Verlagerungshypothese[3]) von Moellendorff und Czochralski).

Zur Erklärung beliebiger Formänderungsfähigkeit wäre eine reine Translation (ohne Gitteränderung) ausreichend, wenn die Atomverschiebungen unabhängig vom äußeren Kraftfelde vor sich gehen könnten. Dann müßte aber das verformte Metall die gleichen Eigenschaften wie das ursprüngliche haben, da ja die Atome hierbei nur ihre Plätze im Gitter vertauschen. Es dürfte also keine Kalthärtung eintreten.

Eine Erklärung der Verfestigung nur aus der Drehung der Gleitflächen in für die Gleitung immer ungünstigere Lagen könnte, wie Masing und Polanyi[4]) zeigten, selbst bei Einkristallen höchstens eine „Orientierungsverfestigung" um 100 vH rechtfertigen, niemals aber eine oft um ein Vielfaches höhere „innere Verfestigung" (Formverfestigung).

Daß eine Erklärung der Verfestigung nur aus der jeweiligen Lage der Gleitflächen zur Kraftrichtung unzulänglich ist, geht ja auch schon daraus hervor, daß gerade anfänglich, bevor merkliche Gleitflächendrehungen stattfinden, die Kalthärtung am stärksten zunimmt[5]). Nicht verständlich ist auch, warum eine solche Verfestigung durch Erwärmung wieder rückgängig gemacht werden könnte.

Gegen die Verlagerungshypothese wird eingewendet, daß das Kristallgitter etwas Unveränderliches und Starres sei. Häufig wird jedoch, um das starre Raumgitter beibehalten zu können, zugestanden, daß sich bei der Formänderung Kristallteile (Kornteile) ohne Änderung ihres Gitters gegeneinander verschieben und verdrehen. Bedenkt man jedoch, daß das Gefüge hierbei meist nicht merklich gelockert wird, so ist anzunehmen, daß nach der Formänderung zwischen den verschobenen und verdrehten Kornteilen (also in der „inneren Trennungsfläche") noch starke Kraftfelder wirken, was auch bei der „Biegegleitung" gerne vergessen wird. Hiernach müßten ähnliche Bindungen wie jene, die die einzelnen Atome im Gitter zusammenhalten, auch zwischen den verschobenen und verdrehten Atomgruppen wirken, was aber doch eigentlich nichts andres bedeutet als ein örtlich gestörtes Raumgitter. Solche nicht rein translatorische Gleitungen müssen daher stets von Gitterstörungen begleitet sein. Ähnliche Störungen werden auch in den Korngrenzen auftreten, worauf schon W. Guertler hingewiesen hat[6]).

Wie W. Schmidt, Leoben, kürzlich in einer Studie „Über Kaltreckvorgänge"[7]) betonte, verlangt eigentlich schon die übliche Translationsvorstellung, daß die atomaren Bindungen sogar Ablenkungen bis um halbe Teilungsschritte ertragen müssen. Auch die Erwärmung wird die Ordnung im Gitter um so mehr stören, je mehr sich die Temperatur dem Schmelzpunkt nähert[8]).

Im obigen Sinne bietet die Vorstellung eines gestörten Raumgitters eigentlich nichts Befremdliches. Nur ist festzuhalten, daß ein solcher Zustand der Unordnung nicht stabil sein kann, da die eingangs erwähnten Kräfte während und nach der Verlagerung bestrebt sein werden, die Atome in den gestörten Gitterbereichen wieder einzurichten. Deshalb werden bleibende Formänderungen unter tunlichster Schonung des Kristallgitters vor sich gehen.

Hierfür sprechen auch die Laue-Bilder kaltgereckter Metalle, die selbst nach starker Verformung noch einen ausgesprochenen Röntgenasterismus (Verzerrung vorher scharfer, fast runder Interferenzflecke in unscharfe radiale

---

1) Kohäsion, Härte und Zähigkeit, Z. Metallk. Bd. 14 (1922) S. 101.

2) Vergl. u. a.:
R. Böker, Die Mechanik der bleibenden Formänderungen in kristallinisch aufgebauten Körpern, Forsch.-Arb. V. d. I., Heft 175 u. 176, Berlin 1915;
Fr. Körber, Verfestigung und Zugfestigkeit. Ein Beitrag zur Mechanik des Zerreißversuches plastischer Metalle, Mitt. Kaiser-Wilhelm-Inst. für Eisenforschung, Düsseldorf 1922, 3. Bd. 2. Heft S. 1, und „Stahl u. Eisen" Bd. 42 (1922) S. 365;
G. Tammann, Lehrbuch der Metallographie, Leipzig 1923, L. Voß.

3) Betont sei, daß Moellendorff und Czochralski die ersten waren, die das Dogma von der Starrheit metallischer Raumgitter anzugreifen wagten, Z. Bd. 57 (1913) S. 931. Über einschlägige Arbeiten von Czochralski vergl. J. Czochralski, Moderne Metallkunde in Theorie und Praxis, Berlin 1924, Julius Springer.
Einen guten Überblick über ältere und neuere Verfestigungstheorien gibt G. Sachs, Grundbegriffe der mechanischen Technologie der Metalle, Leipzig 1925, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. (W. Guertler, Der metallische Werkstoff, Bd. 2).

4) G. Masing und M. Polanyi, Kaltreckung und Verfestigung. Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften, Berlin 1923, Julius Springer.

5) Vergl. auch M. Polanyi und E. Schmid, Verh. D. Phys. Ges. Bd. 4 (1923) S. 25.

6) W. Guertler, Von der Kohäsion der Metallmassen, Int. Z. Metallogr. Bd. 5 (1914) S. 213.

7) Jahrbuch der montanistischen Hochschule in Leoben, 1923.

8) Daher sind (von allotropen Umwandlungen abgesehen) eigentlich nur Gitterzustände bei homologen Temperaturen, Z. Bd. 59 (1915) S. 657, unmittelbar miteinander vergleichbar.

Streifen) erkennen lassen, wie E. Schiebold[1]) erst kürzlich näher erläutert hat.

Anderseits sind aber die Änderungen, die die Eigenschaften der Metalle, besonders die Elastizitäts- und Fließgrenze, bei der Kaltreckung erfahren, sehr bedeutend. So stieg z. B. bei der Verdrehung (von 0,4 bis 300 vH) die Schubgrenze von Kupfer um rd. das 15fache[2]).

Wäre es aber möglich, daß schon geringe Gitterstörungen das Metall so tiefgreifend verändern?

Die Blockierungshypothese[3]) sucht dies auf folgende Weise verständlich zu machen.

Zufolge der Anordnung der Atome im Gitter wird der Schubwiderstand (die „innere Reibung") in gewissen Flächen (Gleitflächen, Translationsebenen) geringer sein als in andern. Dementsprechend geringere Schubspannungen werden daher schon genügen, dort eine Translation, also den Fließbeginn einzuleiten. Die ersten Translationen werden natürlich in den für die Gleitung am günstigsten gelegenen Gleitflächen eintreten, wobei aber schon die erwähnten Korngrenzen-Gitterstörungen und die anders orientierten Nachbarkörner hemmend wirken müssen, weshalb die Schubgrenze mit zunehmender Korngröße im allgemeinen abnehmen und bei Einkristallen (bei entsprechender Lage zur Kraftrichtung) am kleinsten sein wird[4]).

Bei Vielkristallen werden mit fortschreitender Reckung immer wieder neue Gleitflächen in günstigste Lagen kommen, so daß, solange die Korngröße zu vernachlässigen ist und bei nicht allzuweit getriebener Verformung, die erwähnte „Orientierungsverfestigung" von nur geringem Einfluß sein wird, besonders bei kubischen Metallen, wo jede Gleitebene mehrfach im Gitter vorkommt[5]).

Gleichzeitig aber wird das Raumgitter unter Verzerrung der atomaren Bindungen (Deformation der Elektronenhüllen) örtliche Störungen erleiden, auch schon wegen der erst kürzlich erörterten Verdrehung der Flächen größter Schubspannung gegenüber dem gereckten Metall[2]). Solche Störungsherde werden eine weitere Bewegung in Gleitflächen (Translation) um so mehr erschweren, an je mehr Stellen und in je höherem Grade das Raumgitter verzerrt wurde. Eine solche Blockierung und Verriegelung von Gleitflächen wird daher eine mit der Formänderung zunehmende Erhöhung der Fließgrenze und Sprödigkeit bewirken.

Betont sei, daß so schon die geringste Gitterstörung (ja schon ein einzelnes verzerrtes Atom) die Translation in mehreren Gleitflächen hindern könnte. Die Blockierungshypothese bietet daher die Möglichkeit, beträchtliche Eigenschaftsänderungen aus geringfügigen Änderungen des Gitters oder der Bindung abzuleiten, und zwar geringfügig dem Grade der Störung oder aber auch dem Umfang des Störungsherdes nach. Der ihr zugrunde liegende Gedanke ist also die allmähliche Verhinderung aller Gleitmöglichkeiten[6]). Doch liegt es mir natürlich durchaus ferne, die so verwickelten Vorgänge beim Fließen von Vielkristallen[7]) ausschließlich auf Gleitflächenblockierungen zurückführen zu wollen[8]).

Dieser Zustand der Kalthärtung kann aber nicht stabil sein, da die erwähnten Gitterkräfte (die aber keine gerichteten Kräfte zu sein brauchen) stets bestrebt sein werden, die verzerrten Atome wieder einzurichten, worauf wohl auch die Vorgänge beim Ausglühen kaltbearbeiteter Metalle, also bei der Rekristallisation zurückzuführen sind[9]).

Da bei stärker zwangsweise verlagerten Atomgruppen schon eine geringere Erhöhung ihrer atomaren Beweglichkeit (durch Temperatursteigerung) genügt, eine Rückkehr in die ursprüngliche stabile Lage einzuleiten, so bedürfen ganz allgemein stärker kaltbearbeitete Metalle geringerer Glühtemperaturen bzw. kürzerer Glühzeiten zum Ausglühen, wie an Versuchen mit Kupfer, Aluminium, Zink, Zinn und Blei gezeigt worden ist[10]).

Indem so die Störungsherde zu Rekristallisationskeimen werden, muß, wie Czochralski[11]) nachgewiesen hat, die Korngröße verlagerter und dann geglühter Metalle mit zunehmender Kaltreckung abnehmen. Durch die Wärmebewegung läßt sich also ein durch Kaltreckung in Unordnung geratenes Kristallgitter stets wieder ordnen. Solche Gitteränderungen sind sonach umkehrbar[12]).

Hiervon grundsätzlich verschieden sind die durch Legieren verursachten Raumgitterveränderungen, die durch Ausglühen nicht wieder rückgängig gemacht werden können. Wie, wann und warum solche Änderungen zustande kommen, ist noch fast garnicht erforscht.

Schon Spuren gelöster oder hochdispers eingelagerter Fremdstoffe können die Härte und Sprödigkeit (ebenso wie die elektrische Leitfähigkeit) sehr stark verändern[13]). Hierbei zeigte sich, daß die härtende Wirkung (bei demselben Lösungsmittel und schwacher Konzentration) oft weniger von der Natur des Zusatzes als von der Anzahl der in das Gitter eingelagerten Atome abhängt[14]). Dies wäre möglicherweise so zu deuten, daß die Einlagerung fremder Atome eine, wenn auch nur geringe, örtliche Änderung des Raumgitters (natürlich ganz andrer Art als beim Kaltrecken) unter Blockierung von Gleitflächen (Hemmung von Translationen) hervorruft. Bei atomarer Verteilung des Zusatzes im Lösungsmittel, das ist bei festen Lösungen (oder atomdispersen Gemengen) würden dann bei schwachen Konzentrationen[15]) Härte und Sprödigkeit in erster Linie mit der Zahl und dem Umfang der einzelnen Störungsherde, also mit der Zahl der eingelagerten Fremdatome bzw. der gebildeten Verbindungsatome zunehmen[16]).

Die härtende Wirkung wird also bei schwachen Konzentrationen um so stärker sein, je mehr bei der Einlage-

[1]) E. Schiebold, Die Verfestigungsfrage vom Standpunkte der Röntgenforschung, Z. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 417 u. 462 mit ausführlichen Literaturhinweisen. Nach J. Czochralski, Z. Metallk. Bd. 17 (1925) S. 1, kann ein solcher Asterismus bei Einkristallen und nicht allzustarker Formänderung durch Rückformung wieder rückgängig gemacht werden, ohne daß hierbei eine Entfestigung eintritt, woraus Czochralski folgert: „daß die Raumgitterstörung als solche nicht als die Ursache der Verfestigung angesprochen werden kann".

[2]) Vergleichende Zug-, Druck-, Dreh- u. Walzversuche, „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925), in Drucklegung.

[3]) Diese bereits vor sechs Jahren, Z. Bd. 63 (1919) S. 142, aufgestellte Hypothese ist ein erster Versuch, die Härtung durch Kaltreckung und Legierung auf eine gemeinsame Ursache, nämlichb auf „Gleitflächenblockierung" durch Gitterstörungen, zurückzuführen.

Unsere derzeitigen Kenntnisse über das Fließen von Vielkristallen und die Beziehungen zwischen Lösung und Gelöstem sind aber noch immer so dürftig, daß es eigentlich verfrüht ist, solche Hypothesen aufzustellen. Zumindest aber als Arbeitshypothese dürfte diese Vorstellung (die in letzter Zeit auch von Zay, Jeffries, R. S. Archer, W. Rosenhain, R. Groß u. a. übernommen und vertreten wurde) brauchbar sein, um scheinbar ganz verschiedene Erscheinungen in Beziehung zu bringen.

[4]) Vergl. auch M. Polanyi u. E. Schmidt, Z. f. techn. Physik, Bd. 5 (1924) S. 580.

[5]) Anders z. B. beim Auswalzen oder Ziehen von Einkristallen oder von im Verhältnis zur Korngröße dünnen Blechen oder Drähten, wo die allmähliche Gleichrichtung der Gleitflächen schließlich zur Faserstruktur führt. Vergl. u. a. auch H. Mark, M. Polanyi und E. Schmid, Vorgänge bei der Dehnung von Zinkkristallen, Z. Physik Bd. 12 (1922) H. 1/2, S. 116.

[6]) In ähnlicher Weise kann auch, wie kürzlich gezeigt, ein räumlicher Spannungszustand wirken. Vergl. Bruchsicherheit im Maschinenbau, Z. österr. Ing.- u. Arch.-Ver., Bd. 76 (1924) S. 440.

[7]) Erinnert sei hier nur z. B. auch an die Veränderung, die die intra- und intergranulare „Kohäsion" beim Fließen erleidet. Vergl. u. a.: „Stahl und Eisen" Bd. 43 (1923) S. 999 u. 1427. Z. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 207; G. Masing u. M. Polanyi a. a. O.; A. Joffé, M. W. Kirpitschewa u. M. A. Lewitzky, Z. Physik Bd. 22 (1924) S. 286; W. Ewald u. M. Polanyi, Z. Physik Bd. 28 (1924) S. 29.

[8]) Diese Vorstellung soll, wie bereits betont, Anm. 3, nur als Arbeitshypothese dienen. Bestenfalls könnte sie nur einen Bruchteil der Erscheinungen erfassen, denn die wirklichen Vorgänge sind gewiß viel mannigfaltiger.

[9]) Vergl. auch W. Schmidt (Leoben) a. a. O.

[10]) Verfestigung und Glühwirkung. Int. Z. Metallogr. Bd. 8 (1916) S. 53.

[11]) J. Czochralski, Internat. Z. Metallogr. Bd. 8 (1916) S. 1.

[12]) Auch die Kristallerholung (G. Masing und M. Polanyi a. a. O.) dürfte wohl am ungezwungensten auf schon bei Zimmertemperatur beginnende Rückumwandlungen zurückzuführen sein.

[13]) Die Härte der technisch wichtigsten Legierungen, Z. Bd. 61 (1917) S. 549.

[14]) Über die Härte von Metallegierungen, Z. anorg. u. allgem. Chemie Bd. 94 (1916) S. 161.

[15]) Mit zunehmender Konzentration werden sich die einzelnen Störungsherde immer mehr überschneiden, wodurch die Härtezunahme immer geringer wird. Bei vollständiger Löslichkeit muß schließlich das Raumgitter der einen Komponente in das der andern übergehen. Eine Untersuchung dieser Übergänge mittels Röntgenstrahlen bei Legierungen mit und ohne Mischungslücken, bei verschiedenen Temperaturen und Drücken wäre auch für die mechanische Technologie und Metallkunde von großer Wichtigkeit und würde nicht nur tiefere Einblicke in das Wesen der Löslichkeit, sondern auch in die Beziehungen zwischen Kristallgitter und Metalleigenschaften gewähren. Hierdurch wäre auch festzustellen, warum die härtende Wirkung mancher Zusätze (wie z. B. Zink oder Nickel zu Kupfer) nur so gering ist (Z. anorg. u. allgem. Chemie Bd. 94 (1916) S. 161 u. Z. Bd 61 (1917) S. 549).

Da mir eine Röntgenstrahlen-Versuchseinrichtung leider nicht zur Verfügung steht, so möchte ich hiermit andre zu derartigen Versuchen anregen.

[16]) Z. Bd. 63 (1919) S. 142.

rung das Gitter gestört wird. Daher müssen auch das leptonische Feld[1]) und die Art der Einlagerung von Einfluß sein.

Vielleicht ist so auch z. B. die Stahlhärtung zu deuten. Bei der Erhitzung auf die Härtungstemperatur löst sich bekanntlich der Kohlenstoff im kubisch-flächenzentrierten γ-Eisen (Austenit), wobei er, wie kürzlich Wever[2]) mit seinem neuen Präzisionsverfahren mittels der Röntgenstrahlen nachweisen konnte, den noch freien Platz im Mittelpunkt des Elementarwürfels besetzt. Bei der Abkühlung geht das γ-Eisen in das kubisch-raumzentrierte α-Eisen über, in dem aber der Kohlenstoff nach Wever u. a.[3]) nicht löslich ist. Er muß sich daher ausscheiden (Fe_3C). Ist die Abkühlung aber sehr schroff, so fehlt ihm hierzu die Zeit, er bleibt im α-Eisen zurück (Martensit), und zwar, da er hier den Platz in der Würfelmitte (den er im γ-Eisen einnahm) schon durch ein Eisenatom besetzt findet, eingezwängt im Gitter, was sehr weitgehende Gitterstörungen und zufolge der hierdurch bewirkten Gleitflächenblockierung eine Erhöhung der Elastizitäts- und Fließgrenze, Härte und Sprödigkeit hervorrufen wird[4]).

Vielleicht ist die Ursache der für die Aluminiumlegierungen (Duralumin, Aludur) so wichtigen Nachhärtung durch Altern oder Anlassen[5]) auch mit darauf zurückzuführen, daß die Einlagerung einer Verbindung (Mg_2Si) eine weitergehende Gitterstörung hervorruft als die ihrer Komponenten. Es entspräche dann der Austenit dem abgeschreckten Zustand (vor der Nachhärtung), der Übergang Austenit-Martensit dem Zustand nach dem Altern oder Anlassen und der Zementit Fe_3C der Verbindung Mg_2Si. Eine baldige Untersuchung dieser Vorgänge mittels Röntgenstrahlen (etwa nach dem Weverschen Verfahren) wäre erwünscht. [B 67]

[1]) Nach F. Rinne, Z. Metallk. Bd. 11 (1919) S. 91, die stoffliche Nahewirkung, also Art und Stärke der Verknüpfung der beiden Komponenten.

[2]) Fr. Wever, Zur Konstitution des technischen Eisens, Z. Elektrochemie Bd. 30 (1924) Nr. 8 (15/16) S. 376; Fr. Wever u. P. Rütten, Zur Kenntnis des Mischkristalles Eisen-Kohlenstoff, Mitt. Kaiser-Wilh.-Inst. für Eisenforschung, Düsseldorf 1924 Bd. 6 Lief. 1 Abh. 42.

[3]) a. a. O.

[4]) Bezüglich andrer älterer und neuerer Härtungstheorien sei auf die sehr vollständige kritische Übersicht von Ed. Maurer (Mitt. Kaiser-Wilhelm-Inst. für Eisenforschung, Düsseldorf 1920 Bd. 1 S. 39) verwiesen.

Maurer selbst schließt sich, indem er den ganz ähnlichen Verlauf von Volumenänderungen und Härteänderungen hervorhebt, der Auffassung von Thallner (1898) an, nach der die Volumenverminderung, also der engere Zusammenschluß der Moleküle, bei der Abschreckung durch den (atomdispers) eingesprengten Kohlenstoff verhindert wird, wodurch zwischen Eisen (α-Eisen) und Kohlenstoff starke Spannungen (Elementarspannungen) entstehen, die entweder zu einer Erhöhung der Festigkeit oder zur Trennung des Gefüges führen.

[5]) Vergl. u. a.: A. Wilm, Metallurgie Bd. 8 (1911) S. 2225; W. Fraenkel u. R. Seng, Z. Metallk. Bd. 12 (1920) S. 225; W. Fraenkel, Z. Metallk. Bd. 12 (1920) S. 427; W. Fraenkel u. E. Scheuer, Z. Metallk. Bd. 14 (1922) S. 48; R. Beck, Z. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 122; K. Hallmann, Z. f. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 433. Siehe auch Z. Metallk. Bd. 15 (1923) S. 137 (Meißner), S. 261 (Obermüller), S. 311 (Wetzel); Z. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 27, 28 u. 388 (Meißner), S. 401 (Sachs).

Thomasstahl als Baustoff für Schienen höherer Festigkeit.

Mit der in Kürze zu erwartenden Einführung der 50 t-Großraumgüterwagen mit Achsdrücken bis zu 19 t ist vielleicht die Frage nicht unberechtigt, ob der Thomasstahl, der in Deutschland als Schienenbaustoff hauptsächlich in Betracht kommt, auch für Schienen höherer Festigkeit geeignet ist. Neuere Untersuchungen des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen zeigen, daß ein Unterschied zwischen Thomas- und Martinstahlschienen nicht feststellbar ist, und daß insbesondere in der Verschleißfestigkeit die Thomasstahlschiene hinter anderm Werkstoff nicht zurücksteht. Voraussetzung hierbei — besonders bei der Herstellung der härteren Sorten in der Thomasbirne — ist die Verwendung nur einwandfreier Rohstoffe: richtig zusammengesetztes, gleichmäßiges und genügend warmes Thomasroheisen, das im Mischer weitgehend entschwefelt ist, ferner reiner, gut gebrannter Kalk, einwandfreier Kühlschrott und möglichst reine Zusatzmaterialen. Durch geeignete Bemessung des Kalkzusatzes und des Kühlschrottes wird die Temperatur beim Verblasen der Schmelzung so niedrig gehalten, daß eine weitgehende Entphosphorung eintreten muß. Rückgekohlt und fertiggemacht wird der Stahl durch Einbringen von flüssigen Mangan- und Siliziumträgern in die Pfanne vor dem Ausgießen der Schmelzung. Die Anwendung von Kohle bzw. Koks zum Rückkohlen kommt wegen der stark kühlenden Wirkung dieser Mittel bei den kalt gehaltenen Schmelzungen nicht in Frage. Auf diese Weise kann die Schmelzung fertig gemacht werden, ohne daß sie auch nur der Möglichkeit einer nennenswerten Rückphosphorung ausgesetzt wird.

Um möglichst weitgehende Klarheit über die Eigenschaften eines harten Thomasschienenstahles zu bekommen, hat man auf der August-Thyssen-Hütte (vergl. „Stahl und Eisen“ 1925 S. 33) eine große Anzahl von Versuchen mit hartem Thomasstahl angestellt, die für die Festigkeit Werte von 74 bis 78 kg/mm² ergaben. Die Kugeldruckhärte nach Brinell, an der Schienenoberfläche gemessen, zeigte sich, besonders bei schweren Profilen, um 15 bis 40 Brinelleinheiten höher als im Innern des Schienenquerschnittes. Die Streckgrenze erreicht bei Schienen dieses Härtegrades mit großer Regelmäßigkeit eine Höhe von 62 bis 65 vH der Zugfestigkeit. Die Schlagprobe ergab bei einem Schlagmoment von 5000 mkg, das die Schienen, ohne Risse zu zeigen, sämtlich einwandfrei aushielten, bleibende Durchbiegungen von 51 bis 62 mm auf 1 m Meßlänge. Bei tiefen Probetemperaturen von — 16 bis — 14 °C ausgeführte Schlagproben zeigen, daß sich der Werkstoff bei großer Kälte ebenfalls vorzüglich bewährt, und daß auch Schienen mit höherem Phophorgehalt, die absichtlich zu dieser Prüfung herangezogen wurden, einer Beanspruchung von 6000 mkg/cm² für weiche und 10 000 mkg/cm² für harte Schienen gewachsen sind. Bis etwa 0,08 vH zeigen sich keinerlei ungünstige Einwirkungen auf das Ergebnis der Schlagproben; für die Verschleißfestigkeit ist ein solcher Phosphorgehalt eher nützlich als schädlich.

Wenn man sich die Ergebnisse der eingehenden Untersuchungen vor Augen hält und die bisherigen Erfahrungen im Betriebe berücksichtigt, so muß man zu der Überzeugung kommen, daß ein sachgemäß hergestellter Thomasstahl tatsächlich ein vorzüglicher Baustoff für Schienen höherer Festigkeit ist.

[N 198] Prockat.

Koksöfen mit schmalen Kammern.

Die Verringerung der Baubreite der Koksöfen auf 350 mm erwies sich zur Erhöhung der Durchsatzmenge und Verbesserung der Koksbeschaffenheit bei den verschiedenen Kohlenarten als ein sehr geeigneter Weg. Amerikanische Versuche einer Verkokung bei höheren Temperaturen unter Verwendung von Silikasteinen zum Koksofenbau wurden wegen geringer Ausbeute an Nebenerzeugnissen wieder aufgegeben. Man ging vielmehr dazu über, durch schmalere, senkrecht verjüngte Ofenkammern die Ofenleistung zu erhöhen und die Koksbeschaffenheit zu verbessern. Die von Becker entworfenen und von der amerikanischen Koppers Co. gebauten Öfen (vergl. „Stahl und Eisen“ 1925 S. 120 bis 122) mit 350 mm Kammerbreite, 37 mm Längsverjüngung und 3555 mm Höhe ergaben bei einer Wandtemperatur von nur 1260° Garungszeiten von 10 bis 12 h. Diese Öfen zeichnen sich vor den ursprünglichen Koppersöfen durch 4 bis 6 Querkanäle aus, die unmittelbar über die Kammerdecke geführt sind und die beiden anliegenden Heizwände jeder Kammer miteinander verbinden. Es wird also beim Beckerofen die eine Wand vollkommen beheizt, wobei die Verbrennungsgase durch die Deckenkanäle in die Wand an der entgegengesetzten Kammerseite von oben eintreten und, gleichmäßig über sämtliche Züge verteilt, nach unten strömen. Durch diese Führung der Verbrennungsgase ließ sich der freie Querschnitt des hierbei regelmäßig gewölbten Schaukanals erheblich verringern, da die aus den senkrechten Zügen entweichenden Verbrennungsgase nicht mehr auf so lange Strecken wie beim normalen Koppersofen in wagerechter Richtung fortgeleitet zu werden brauchen. Auf Grund dieser günstigen Ergebnisse befinden sich heute bereits 640 Beckeröfen im Betrieb und Bau.

In England hat der Wilputteofen weite Verbreitung, der aber lediglich eine verwickelte Bauart des Koppersofens darstellt und sich von diesem fast nur durch zugweise unterteilte Gaserzeugerpaare unterscheidet.

In Deutschland haben sich schmalkammerige Öfen während der letzten vier Jahre schnell eingeführt; in Schlesien errichtete Koppers auf dem Bahnschacht bei Waldenburg einen Versuchsofen mit 350 mm Kammerbreite, der, mit losen Kohlen beschickt, eine Garungszeit von nur 11½ bis 12 h aufweist. Dabei wird gegenüber den alten Öfen ein fester, schwer zerreiblicher Koks erzeugt, der frei von Querrissen ist. Eine auf Grund dieser Ergebnisse im Mai 1924 in Betrieb gekommene Ofengruppe erzeugt an jedem Ofentag 12,8 t Koks. Auch in Oberschlesien haben Versuche mit schmalkammerigen Öfen, unter Zusatz eines aus denselben Kohlen erzeugten Halbkoks zur Kokskohle, die Aufgabe der Verkokung oberschlesischer Kohle zur Zufriedenheit gelöst.

[N 199] Prockat.

RUNDSCHAU.

Eisenbahnwesen.

Neue Wege für den Anstrich der Reichsbahnwagen und -bauten.

Jahrelang hat für die Anstricherneuerung der Reichsbahnwagen, Eisenbauten und Gebäude der Reichsbahn wegen der Leinölknappheit im Kriege nicht einmal das Allernotwendigste getan werden können. Deshalb hat jetzt die Anstrichfrage eine nicht zu überschätzende wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Diese Tatsache ist dadurch auch äußerlich hervorgehoben, daß aus Sachverständigen bei den Reichsbahndirektionen der einzelnen Länder ein Reichsausschuß für Anstrichverfahren der Deutschen Reichseisenbahn gebildet wurde mit der Aufgabe, das Anstrichwesen der Eisenbahn einheitlich und nach gemeinsam aufgestellten Leitsätzen zu bearbeiten und zu fördern.

Soweit das Streben nach Verbilligung des Anstriches sich auf die Preissenkung für die Gewichtseinheit bezieht, sei bemerkt, daß tatsächlich der Preis der Anstrichmittel für die Herstellungs- und Unterhaltungskosten des Fahrzeuganstriches nur eine sehr geringe Rolle spielt; er beträgt kaum ein Fünftel der Herstellungskosten des neuen Anstriches. Angesichts dieses Verhältnisses ist natürlich die Güte der Farben und Lacke von ausschlaggebender Bedeutung. Es ist nicht gleichgültig, ob mit einer scheinbar billigen Farbe nur so eben die vorgeschriebene zweijährige Haltbarkeitsgewährspflicht erfüllt wird, oder ob mit einem besseren Anstrichmittel, dessen Preis sogar bis zu 50 vH höher sein könnte, eine Haltbarkeitsdauer des Anstriches von sechs oder mehr Jahren erreicht wird.

Neben der planmäßigen Gütehebung der bisherigen Anstrichstoffe, die vom Reichsausschuß für Anstrichverfahren erstrebt wird, können natürlich auch durch Anwendung neuer stoff- und zeitsparender Anstrichmittel Ersparnisse erzielt werden. Diesen Weg beschreitet bewußt die Imprex-Spargrundiertechnik, die deshalb seitens der Staatsbahn in eine praktische Erprobung genommen ist. Der Grundgedanke dieser neuen Technik ist der folgende:

Man sieht, daß bei Verwendung von reinem Leinölfirnis oder fetten Ölfarben für die Grundierung der erste Anstrich auf aufsaugefähigem Holz oder porösem Mauergrund versickert, daß meistens auch der zweite Anstrich auf derartigem Grund noch wegschlägt und erst der dritte, oft gar erst der vierte Anstrich mit Glanz auf der Oberfläche des zu streichenden Gegenstandes stehen bleibt.

Über diese Werkstoffverschwendung ist früher wohl nicht näher nachgedacht worden, oder man hat sie als unabänderlich betrachtet, sonst hätte wohl nicht erst die Not der Kriegzeit mit ihrem Leinölmangel den Versuch ausgelöst, das Leinöl bzw. den Leinölfirnis derart einzustellen, daß er gezwungen wird, schon beim ersten Strich auf der zu streichenden porösen Oberfläche stehen zu bleiben und dort einen dichten, porenschließenden Film zu bilden, auf dem der nächste Anstrich mit den allgemein gebräuchlichen Anstrichmitteln im Ölglanz stehen bleibt, ohne wegzuschlagen. Für die Witterungsbeständigkeit eines Anstriches ist es tatsächlich ohne Belang, ob in den porösen Untergrund des zu schützenden Gegenstandes mehrere Anstrichschichten eingesickert sind oder nicht. Die Dauerhaftigkeit des Anstriches hängt allein von der Güte und Dicke der Oberflächenhaut ab und von deren wirklich fester Verankerung mit dem Untergrund; alles, was zu tief in den Untergrund versickert, wird also nutzlos vergeudet.

Diese Verschwendung will die Imprextechnik dadurch verhindern, daß sie Leinöl mit einem kleinen Zusatz einer harzsauren Aluminiumverbindung versetzt; diese wird in den Zustand einer sehr fein verteilten, kolloidalen, aus vielen kleinen gallertartigen Quellkörpern bestehenden Masse von salbenartiger Beschaffenheit versetzt. Bei der Grundierung einer porösen Fläche mit einem so streichfertig hergestellten Firnis setzen die mit Leinölfirnis gesättigten gallertartigen Quellkörperchen sich in die Porenöffnungen und verstopfen sie; da weiter die harzsaure Tonerde wie ein Schwamm mit Leinölfirnis gesättigt ist, wird dieser in und auf der Oberfläche des Werkstückes festgehalten und gezwungen, dort die Anstrichhaut zu bilden, ohne zu tief in den Untergrund versickern zu können.

Auf einem derartigen Imprexgrundanstrich bleibt jede gewöhnliche gute Öl- oder Lackfarbe mit Glanz stehen, so daß tatsächlich mit Hilfe dieser Streichtechnik durch eine einmalige Grundierung mit Imprex und einmaligem Überstrich mit einem der bekannten Anstrichmittel der gleiche Anstricherfolg erreicht wird wie bei der bisher notwendigen zwei- bis dreimaligen Grundierung mit Leinölfirnis oder fetter Ölfarbe. Die bedeutende Sparwirkung der Imprextechnik an Rohstoff und Löhnen liegt damit auf der Hand, ganz abgesehen von der Zeitersparnis bei der Anstrichausführung, die eine schnellere Inbetriebnahme der Reichsbahnfahrzeuge und eine beachtliche Entlastung der Werkstätten ermöglicht.

Genau wie bei Leinölfirnis läßt sich der Imprexfirnis mit Trockenfarben abreiben, so daß Grundierfarben für jeden Verwendungszweck hergestellt werden können.

Bei den praktischen Versuchen des Eisenbahnzentralamtes hat es sich gezeigt, daß ein einmaliger Grundanstrich mit roter Imprex-Güterwagengrundierfarbe und nur ein einmaliger Überstrich mit roter Güterwagenlackfarbe genügt, um die gleiche Anstrichwirkung hinsichtlich Glanz und Stärke der Anstrichhaut zu ergeben, wie nach dem bisher gebräuchlichen Anstrichverfahren, für das eine zweimalige Grundierung mit fetten Ölfarben und darüber ein Anstrich mit roter Güterwagen-Lackfarbe vorgeschrieben ist. Die Imprextechnik verringert somit die Kosten des Güterwagenanstriches um rd. 30 vH!

Versuche haben gezeigt, daß auch auf porösem Spachtelgrund durch Benutzung von Imprexfarben ein Anstrich im Aufbau der Personenwagenlackierung erspart werden kann.

Selbstverständlich ist die Verwendung der Imprexfarben nicht nur auf den Reichsbahnwagenanstrich beschränkt, sondern sie haben für alle Grundierarbeiten, insbesondere auch für Hausanstrich, das gleichgroße Verwendungsgebiet wie die bisherigen Ölfarben. Sie haben aber vor den gewöhnlichen Ölfarben, ganz abgesehen von der oben erwähnten Sparwirkung, auch noch unerwartete neue Eigenschaften voraus. Es hat sich nämlich gezeigt, daß man dem bisher stark wasserempfindlichen Leinölfilm durch die besondere Behandlung nach dem Imprexverfahren unter Zusatz von harzsaurem Aluminium eine wesentlich größere Wasserundurchlässigkeit verleihen kann.

Professor Dr. Eibner von der Versuchsanstalt und Auskunftstelle für Maltechnik an der Technischen Hochschule München, der wohl als erster auf die Wasserdurchlässigkeit des Leinölfilms hinwies, hat Vergleichversuche zwischen Imprex- und Leinölfirnissen durchgeführt und ist dabei zu folgenden Versuchsergebnissen gekommen[1]):

„Zwei gleich große Pappelholzbrettchen 138 × 118 × 8 mm wurden mit Imprexfirnis bzw. Leinölfirnis so lange dünn und unter jedesmaligem Trocknenlassen bestrichen, bis beide Brettchen gleichmäßigen Glanz aufwiesen. Hierzu waren von Imprexfirnis drei Aufstriche, von Leinölfirnis dagegen acht Aufstriche nötig. Die Brettchen wurden 24 Stunden unter Wasser getaucht. Dabei nahm das mit Imprexfirnis dreimal gestrichene Brett 0,7 g Wasser auf, dagegen das mit Leinölfirnis achtmal gestrichene Brett 2 g Wasser."

Diese größere Wasserfestigkeit des Imprexfilms ist natürlich anstrichtechnisch von Bedeutung; denn es wird durch Grundierung mit Imprexfarbe erreicht, daß das damit gestrichene Holzwerk nicht mehr der durchdringenden Feuchtigkeit und damit dem Verwerfen ausgesetzt ist.

Auch bei Eisen hat die größere Wasserundurchlässigkeit für die Steigerung der Rostschutzwirkung der Anstriche besondere Bedeutung.

Wenn man den Gehalt des Imprexfirnisses an harzsaurem Aluminium entsprechend erhöht, kann man dem Firnis auch die überraschende Wirkung der Teerfestigkeit verleihen, weil die in ihm kolloidal verteilten Aluminiumquellkörperchen das Durchschlagen des Teergrundes verhindern, in bedeutsamem Unterschied zu den sonstigen Leinölfarben, die bekanntlich auf Teergrund überhaupt nicht trocknen, von dem Teer durchdrungen und braun gefärbt werden. Die auf dieser Grundlage hergestellten Imprex-Teerschutzfarben haben sich deswegen auch im Eisenbahnwesen eingeführt, besonders als Isolieranstrichmittel für solche Wagendächer, die während der Kriegzeit geteert werden mußten. [M 186] Dr. Asser.

E + 1 Z-Zahnrad- und Adhäsions-Heißdampflokomotive[2]).

Die neue, von der Maschinenfabrik Eßlingen gebaute württembergische Zahnradlokomotive, Abb. 1, wurde ähnlich wie ihre Vorgängerinnen durchgebildet[3]). An Stelle des Naßdampfes ist bei den Zahnradlokomotiven nunmehr auch der Heißdampf eingeführt und infolgedessen auch die neue Gattung der Reichsbahndirektion Stuttgart, Z. 555, mit Schmidtschem Überhitzer ausgerüstet worden.

Anordnung. Die Achsanordnung der Adhäsionslokomotive weist 3200 mm festen Achsstand zwischen zweiter und vierter Achse und 5780 mm Gesamtachsstand zwischen der ersten und fünften Achse mit je 5780 mm Seitenspiel auf. Antriebsachse ist die dritte Kuppelachse, Abb. 2. Die Zylinder zum Antriebe der Zahnräder sind gegen die Wagerechte geneigt. Das Treibzahnrad liegt zwischen zweiter und dritter Achse in einem besonderen Gestell, das in zwei Punkten am Rahmen befestigt und in einem dritten Punkt in der Maschinenlängsachse auf der zweiten Kuppelachse auf-

[1]) Vergl. Sonderheft Eisenbahnwesen S. 359.

[2]) Eine Lokomotive dieser Art war in Seddin ausgestellt.

[3]) Z. Bd. 66 (1922) S. 361.

Abb. 1. E + 1 Z - Zahnradlokomotive der Maschinenfabrik Eßlingen.
Anordnung und Lagerung des Zahnradtriebwerkes.

gehängt ist. Diese Einrichtung bezweckt, die Einwirkung des Federspieles auf den Zahneingriff des Treibzahnrades aufzuheben. Die senkrecht über dem Treibzahnrad gelegene und von den Zahnradzylindern angetriebene Vorgelegewelle ist mit der Zahnradachse durch Entfernungstangen verbunden, derart, daß sich ihre Lager senkrecht im Rahmen verschieben können, oder daß sich der Rahmen bei Federspiel gegen die Vorgelegewelle vorschiebt.

Triebwerk und Steuerung. Die Kuppelstangen haben runde ausgebüchste Köpfe. Die Steuerung für jedes Triebwerk (Zahnradtriebwerk und Adhäsionstriebwerk) ist als Heusinger-Steuerung ausgebildet, deren Betätigung gemeinsam durch Umsteuerstange und Steuerspindel erfolgt.

Kessel. Der Kessel ist ein normaler Heißdampf-Lokomotivkessel mit Schmidtschem Überhitzer; die tiefe Feuerbüchse mit geneigtem Rost ist zwischen den Rahmen eingezogen. Zur Rauchkammerausrüstung gehört ein Blasrohrverschluß, der bei Talfahrt und Betrieb mit der Repressionsbremse die hierfür nötige Bremsluft aus dem Freien eintreten läßt. Dieser Verschluß ist mit der Vorrichtung zum Einschalten der Zahnradzylinder in einem senkrechten Gußstück verbunden. Die Umschaltvorrichtung besteht nicht mehr wie bei früheren Zahnradlokomotiven dieser Bauart aus Drehschiebern, sondern aus senkrecht verschiebbaren Kolbenschiebern, die durch Dampfdruck bewegt und eingestellt werden. Damit ist leichtere Beweglichkeit, schönere Durchbildung der Bauart und bessere Dampfdichtheit erzielt worden.

Bremsen. Als Betriebsbremse auf der Zahnstange dient bei Talfahrt wie bei allen Eßlinger Zahnradlokomotiven die Repressionsbremse, für die sowohl Zahnradzylinder als Reibungszylinder eingerichtet sind. Außerdem ist noch eine vereinigte Band- und Klotzbremse für das Treibzahnrad vorgesehen, die durch Druckluft bewegt werden kann. Als Notbremse auf der Zahnstange arbeitet eine Klotzbremse für das Bremszahnrad, das lose auf der vorderen Kuppelachse läuft. Sie wird durch eine Bremsspindel vom Führerhaus aus bedient. Zum Bremsen der Adhäsionsachsen dient eine auf sämtliche Achsen wirkende vereinigte Handwurf- und Druckluftbremse.

Die übrige Ausstattung entspricht den Anforderungen eines neuzeitlichen Lokomotivbetriebes.

Die Leistungen der Lokomotive, die für 100 vT Zahnstangensteigung bestimmt ist, sind aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich. Sie sind errechnet mit einem mittleren Rostanstrengungsgrad von 450 kg/m²h bei einem Heizwert von 6700 kcal/kg.

Abmessungen der Lokomotive.

Zylinderdurchmesser	560 mm
Kolbenhub	560 mm
Treibraddurchmesser	1150 mm
Teilkreisdurchmesser des kleinen Transmissionsrades	403 mm
„ „ großen „	923 mm
„ „ Treibzahnrades	1082 mm
Fester Radstand	3200 mm
Gesamtradstand	5780 mm
Dampfüberdruck	14 at
Rostfläche	2,5 m²
Feuerberührte Heizfläche der Feuerbüchse	12,6 m²
„ „ „ Rauchrohre	38,5 m²
„ „ „ Heizrohre	66,0 m²
„ „ des Überhitzers	42,3 m²
Gesamtheizfläche, feuerberührt	159,4 m²
Wasservorrat	7 t
Kohlenvorrat	3 t
Leergewicht	62,5 t
Dienstgewicht	77,88 t
Größte Geschwindigkeit auf der Reibungsstrecke	50 km/h
„ „ „ „ Zahnradstrecke	10 km/h

[M 1014]

Neue Diesel-elektrische Lokomotive.

Im „Genie Civil" vom 4. Oktober und im „Electrician" vom 5. September 1924 ist eine amerikanische Diesellokomotive beschrieben, deren maschineller Teil von der Ingersoll Rand Co. und deren elektrischer von der General Electric Co. geliefert wurde. Die Diesellokomotive hat bei einem Gewicht von 60 t vier Achsen, die von je einem Motor angetrieben werden. Sie erhält ihren Strom von einer Dynamo von 200 kW Leistung, die ihrerseits wieder von einem Dieselmotor von 300 PS angetrieben wird. Der sechszylindrige Dieselmotor ist für Schwerölbetrieb mit unmittelbarer Einspritzung des Brennstoffes eingerichtet.

Man wählte das kompressorlose Verfahren, um das Gewicht zu verringern und die Ausrüstung zu vereinfachen. Dementsprechend genügt eine einfach wirkende Kolbenpumpe, um den Brennstoff durch den Verteiler den sechs Zylindern zuzuführen. Der Motor wird im Kreislauf geschmiert. Die Kühlwassertemperatur wird mittels eines Thermostaten geregelt. Der Kühler selbst ist auf dem Fahrzeugdache angebracht. Der Brennstoffvorrat reicht für 48 h aus.

Abb. 2. Schnitte zu Abb. 1.

Der elektrische Teil weist eine Schaltung auf, die selbsttätig eine Überlastung der Dynamo sowie der Motoren verhindert. Dies geschieht dadurch, daß der Erreger eine Hauptstrom-Gegenwicklung erhält, die ein Fallen der Dynamospannung in dem Maße bewirkt, als die Stromstärke der Motoren steigt. Der Motorstrom durchfließt die Gegenwicklung auf dem Erreger und beeinflußt hierdurch die Wirkung der Haupterregerwicklung so weit, daß die Spannung der Dynamo und der Stromverbrauch der Motoren auf das zulässige Maß sinken. In dem Maße, wie die Geschwindigkeit der Lokomotive nach dem Abfahren zunimmt, sinkt die Stromstärke der Motoren, und die Dynamo nimmt ihre gewöhnliche Spannung wieder an infolge der gegenseitigen Wirkung der beiden Wicklungen auf den Erreger. Der Strom für die Haupterregung wird einer Akkumulatorenbatterie entnommen, die auch den Steuer- und Lichtstrom liefert.

Die Lokomotive soll auch hinsichtlich der selbsttätigen Regelung bei Versuchsfahrten befriedigt haben. Der Brennstoffverbrauch betrug rd. 195 g/PS$_e$h. [N 188] S. Dürrenberger.

Meßgeräte.

Erfahrungen mit Torsionsdynamometern nach Vieweg.

Bei Arbeiten im Versuchsfeld[1]), für die die Genauigkeit der elektrischen Leistungsmessung nicht mehr ausreichte, hat sich, wie Dipl.-Ing. Herttrich und Dipl.-Ing. Krabbe berichten[2]), das Torsionsdynamometer nach Vieweg durch größte Genauigkeit und Empfindlichkeit bei einfachster Handhabung bewährt. Das Meßgerät, Abb. 3, ist nach dem üblichen Prinzip des Messens der Verdrehung eines Wellenstückes gestaltet, dem hier, wie bei

[1]) Forschungsabteilung der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau A.-G., Dessau, Zweigniederlassung der Bamag-Meguin-A.-G.

[2]) „Maschinenbau" Heft 27 vom 13. November 1924.

Abb. 3. Torsionsdynamometer mit optischer Ablesevorrichtung nach Vieweg.

den Ausführungen von Amsler u. a., ein geeichter Meßstab entspricht.

Um verschieden große Drehmomente mit möglichst großer Genauigkeit messen zu können, hat man für jedes Meßgerät eine Anzahl austauschbarer Meßstäbe hergestellt. Außerdem wird ein verhältnismäßig großer Verdrehungswinkel von normal etwa 25° beiderseits der Nullage bei dem Nenndrehmoment des Stabes und etwa 28° bei der Verdrehungsbegrenzung zugelassen. Die freie Verdrehungslänge zwischen den Einspannklötzen beträgt dabei 43 cm. Verschiebt schraubenförmiges Verwerfen der Stäbe beim Härten die Mittellage, so wird der größte Verdrehungswinkel nach der einen Seite noch etwas größer. Einen Überblick über die entsprechenden Verdrehungswinkel einiger Stäbe geben die

Zahlentafel 1. Verdrehungswinkel und Beanspruchungen der Meßstäbe.

Nr. des Stabes	Nenndrehmoment M_{d_n} mkg	Querschnitt Seite mm	Form	0,1 Teilstrichentfernung cmkg	Entsprechender Verdrehungswinkel bei M_{d_n}	bei Anschlagen	Gleitmaß G kg/cm²	τ_{max} kg/cm² bei M_{d_n}	bei Anschlagen
21	2,5	a = 7,0	□	0,268	0,00933	0,01120	796000	3510	4250
20	4,25	a = 8,0	□	0,462	0,00931	0,01213	795000	4000	5210
11	8,0	a = 9,5	□	0,906	0,00894	0,01232	784000	4490	6200
6	20	a = 12	□	2,29	0,00883	0,01183	776000	5560	7450
2	40	$2r_m$ = 14,9	⬡	4,24	0.00959	0,01219	770000	6380	7960

Abb. 4. Eichergebnis eines 3,5 mkg-Stabes.

Abb. 5. Eichergebnis eines 35 mkg-Stabes nach falscher Wärmebehandlung.

Spalten 6 und 7 der Zahlentafel 1. Diesen entsprechen sehr hohe Beanspruchungen (Spalte 9 und 10).

Trotzdem muß der Stab vollkommen elastisch bleiben, d. h. er darf keine meßbaren Formänderungen aufweisen, eine Forderung, die nur sehr wenige übereutektische Stähle bei ganz bestimmten Härte- und Anlaßtemperaturen erfüllen. Die Stahlfrage ist das schwierigste Problem am Torsionsdynamometer.

Der Ablesevorrichtung mit dem umlaufenden Spiegel nach Vieweg liegt das gleiche Prinzip wie bei dem umlaufenden Sektor von Brodhun für photometrische Zwecke zugrunde. An der Scheibe i, Abb. 3, ist ein unter 45° gegen die Achse geneigter Metallspiegel s so angebracht, daß seine Abstände von Drehachse und Skalaindex gleich sind. Hierdurch entsteht das virtuelle Bild, das Skala und Index erzeugen, wieder in der Drehachse, wo es an jeder beliebigen Stelle der durch den umlaufenden Spiegel gegebenen Radialebene anvisiert werden kann. Beim Ablesen — möglichst mit Fernrohr — erhält man ein zusammenhängendes, scheinbar stillstehendes Bild bis zu etwa 250 Uml./min herab, jedoch ist die Ablesung auch unterhalb dieser Drehzahl zunächst noch sehr deutlich und bei einiger Übung bis zu 60 min^{-1} möglich. Allerdings ist die Beobachtung bei den niedrigen Umlaufzahlen von etwa 100 bis 60 min^{-1} anstrengend. Von etwa 10 Uml./min herab ist dann die Ablesung wieder möglich, doch kommt die Beobachtung mit Fernrohr hierbei nicht mehr in Frage. Der Beobachter hat lediglich das Skalenbild über einen hinreichenden Bogenweg zu verfolgen.

An Meßgenauigkeit ist das Gerät durch die optische Ablesevorrichtung allen andern Bauarten überlegen. Unvermeidlich ist bei der vorliegenden Ausführung, daß der Luftwirbelungswiderstand der die Meßvorrichtungen tragenden Scheiben mitgemessen wird. Je nachdem, ob auf der treibenden oder auf der getriebenen Seite gemessen werden soll, ist das Dynamometer so einzubauen, daß nur der Widerstand der kleinsten, die Skala tragenden Scheibe in Frage kommt. Dieser Fehler braucht erst bei höheren Drehzahlen berücksichtigt zu werden, zumal nur der Widerstand an der äußeren Seite der Scheibe wirksam ist.

Eine Unsicherheit durch die Reibung im Kugellager hat sich bisher noch nicht feststellen lassen. Die kleinen Erschütterungen beim Lauf dürften die Reibung bis auf einen unmerkbaren Wert vermindern. Fehler können entstehen, wenn die Meßstäbe nicht absolut fest in den Vierkanten eingepreßt sind oder diese selbst in den Flanschstücken des Dynamometers Lose haben. Weitere Fehler werden durch einen zu niedrigen Wert der Elastizitätsgrenze der Meßstäbe verursacht. Beides läßt sich durch die Eichung feststellen, die in solchen Fällen anstatt einer Geraden eine Schleife als Eichkurve ergibt.

Die optische Genauigkeit wird bestimmt durch die Unsicherheit in der Abschätzung der Zehntelskalenteile. Diese beträgt bei einiger Übung im Ablesen mittels Fernrohr höchstens ± 0,05 Teilstrichentfernung, was einem Wert von ± 0,5 vT vom Skalenendwert entspricht. Fehler durch Parallaxe sind bei Umlauf ausgeschlossen. Bei einer Eichgenauigkeit von 0,0005 der Eichgewichte folgt also eine erreichbare Genauigkeit von 0,001 für das Dynamometer. Einen Überblick über die absolute Größe der Meßunsicherheit gibt Spalte 5 der Zahlentafel 1.

Bei der Leistungsberechnung tritt eine weitere Unsicherheit durch die Empfindlichkeit und Ablesegenauigkeit der Umlaufmessung hinzu. Das Eichen erfolgt lediglich statisch, ein Vorzug dieses Gerätes, der mit Ursache für die hohe Meßgenauigkeit ist. Abb. 4 zeigt ein tadelloses Eichergebnis, während in Abb. 5 die schleifenförmige Eichkurve eines 35 mkg-Stabes wiedergegeben ist. Unvorschriftmäßige Härtung war die Ursache der mechanischen Hysteresis. Nach Ausglühen und richtiger Wärmebehandlung zeitigte die Eichung des Stabes eine Gerade. Bei allen Dauermessungen mit dem Torsionsdynamometer sind bisher in bestimmten Zeiträumen Kontrolleichungen durchgeführt worden, hierbei hat noch in keinem Fall eine Änderung der elastischen Eigenschaften der Stäbe festgestellt werden können, obwohl manche davon bereits während mehrerer tausend Stunden mit ganz verschiedenen Beanspruchungen gelaufen sind.

Mitunter tritt Störung der Ablesung infolge Pendelbewegungen der Skala auf, die auf die unausgeglichenen umlaufenden Teile, kritische Drehzahlen usw. zurückzuführen sind. Sind in der Versuchsanordnung Gleitlager vorhanden, so lassen sich häufig derartige Schwingungen durch Verwendung verhältnismäßig zähflüssiger Schmieröle auf ein erträgliches Maß dämpfen. Vielfach sind diese Schwingungen auch das Erkennungsmittel für irgendwelche, meist unerwünschte Betriebzustände in dem Untersuchungsgegenstand. So treten z. B. bei Lagerversuchen sofort Drehmomentschwankungen auf, sobald nach Durchschreiten des Kleinstwertes der Reibung der Rei-

Zahlentafel 3. Leistungssteigerung bei verstärkter Beleuchtung: Zeit zum zehnmaligen Einfädeln.

Beleuchtungsstärke	Bei Beobachter					Bei Beobachter					Mittelwert der fünf Beobachter	
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V		
Lux	s	s	s	s	s	vH	vH	vH	vH	vH	s	vH
1	57,4	35,8	60	43,2	40,4	144	131	154	157,5	115	47,4	140
3	47,6	30.8	44,6	33,4	36,4	120	112	114	122	103,3	38,64	114
10	38,6	28,8	35	25	37,2	97	105	90	91,5	106	32,9	98
30	26,2	23,4	36,2	28,6	30,4	66	85,5	93	104	88,5	29	86
100	39,6	23,8	29,4	18	35,4	100	87	75,5	66	101	29,2	86,5
300	26,8	23,2	32.2	20,6	28,2	67	84,5	82,5	75	80.5	26.2	78
1000	42	26,0	35,8	22,8	37,8	106	95	92	83	107,5	32,9	97,5
Gesamt-Mittel:	39,7	27,4	39	27,4	35,1	100	100	100	100	100	33,7	100

bungszustand aus dem Gebiete der reinen Flüssigkeitsreibung in das der halbflüssigen übergeht.

Voraussetzung für die Verwendungsmöglichkeit dieses Torsionsdynamometers ist die Unveränderlichkeit der Skalenangabe während der zu einer Ablesung gebrauchten Zeit. Ferner muß innerhalb einer Umdrehung das Drehmoment gleichbleiben. Periodische Drehmomentänderungen werden an einer Beobachtungsstelle solange die gleiche Verdrehung erkennen lassen, als die Schwingungsdauer dieser Drehmomentschwankungen mit der sekundlichen Drehzahl übereinstimmt. Infolgedessen sind unter Umständen Kontrollablesungen an andern Stellen erforderlich. Die Möglichkeit der Messung an Kolbenmaschinen ist abhängig von dem Maß des Ausgleiches der Ungleichförmigkeit durch die Schwungmassen. Seine Hauptbedeutung hat das Gerät für die Messung der aufgenommenen bzw. abgegebenen Leistung von Maschinen lediglich mit stoßfreier Umlaufbewegung wie Kreiselpumpen oder Kompressoren bzw. Elektromotoren, Turbinen usw. erlangt. Wegen seiner außerordentlichen Empfindlichkeit und Genauigkeit ist es in letzter Zeit im Versuchsfeld bei der Messung sehr kleiner Drehmomente unentbehrlich geworden. [M 886]

Beleuchtungstechnik.

Leistungssteigerung durch Verstärkung der Beleuchtung[1]).

Die bisherigen Untersuchungen über diese Frage, die hauptsächlich in Amerika angestellt worden sind, haben eine wertvolle Ergänzung und wissenschaftliche Vertiefung durch planmäßig angestellte Versuche erfahren, die Dr. Walter Ruffer, Berlin, nach dem psychotechnischen Verfahren in der Eignungsprüfung der Osram-G. m. b. H., Fabrik S, angestellt hat.

Die Prüfungen wurden in einem Raume von 3.5×4 m² Grundfläche ausgeführt, der nur künstlich, und zwar mit einem blendungsfreien Deckenreflektor mit halbrunder Milchglasglocke, beleuchtet war, ausgeführt. Auf allen Plätzen herrschte ungefähr die gleiche Beleuchtungsstärke, die durch Auswechseln der Lampen geändert werden konnte. Die Temperatur wurde zwischen 19 und 21° möglichst unverändert gehalten.

Die Prüfungen erstrecken sich auf folgende Fähigkeiten und Fertigkeiten: Sehschärfe, Augenmaß, verteilte Aufmerksamkeit, Schnelligkeit und Arbeitsgenauigkeit, Reaktionsschnelligkeit, leichte Handfertigkeit, ruhige Handführung, Konzentrationsfähigkeit, optische Auffassung, Treffsicherheit und Zweihandarbeit. Sie wurden mit den schon öfters beschriebenen Geräten ausgeführt. Die angestellten Untersuchungen fanden bei den Beleuchtungsstärken 75, 1, 3, 5, 10, 25, 50, 100, 10, 300, 50, 600, 100 Lux statt.

Die Versuche wurden zunächst bei der für gewöhnlich herrschenden Beleuchtungsstärke von 75 Lux ausgeführt, damit sich die Versuchspersonen an die Verfahren gewöhnen. Sie galten also als Vorversuche. Das Zurückgehen in den Beleuchtungsstärken der eigentlichen Versuchsreihen, von 100 auf 10, von 300 auf 50, von 600 auf 100 Lux hatte den Zweck, festzustellen, ob bei einer Verminderung der Beleuchtung auch die Leistung entsprechend zurückgeht. Als höchste Beleuchtungsstärke wurden 600 Lux gewählt, da sich bei dieser Beleuchtung schon bei der Mehrzahl der Versuchspersonen ein Stillstand, z. T. sogar eine Verminderung der Leistung herausstellte.

Der Einfluß der Übung wurde nach Möglichkeit mit zu erfassen gesucht. Bei den Prüfungen auf Schnelligkeit und Genauigkeit, auf Sammlung und leichte Handführung ist im Mittel fast keine Übungszunahme festzustellen gewesen. Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt. Da die Leistung in erster Linie von dem bei den einzelnen Prüfgeräten erforderlichen Sehen abhängen, so sind die Ergebnisse übersichtlich danach angeordnet; die einzelnen Geräte und Verfahren sind hierbei nach der erforderlichen Sehschärfe in fünf Klassen eingeteilt, die aus Zahlentafel 2 zu entnehmen sind. Da in den Fabriken bisher im allgemeinen eine durchschnittliche Beleuchtungsstärke von 25 bis 30 Lux als ausreichend betrachtet wurde, so sind die Ergebnisse auf 25 Lux bezogen. Die Werte zeigen, daß bei den Geräten, bei denen es auf ein sehr gutes Sehen ankommt, die Leistungssteigerung mit der Erhöhung der Beleuchtungsstärke ganz beträchtlich anwächst. Bei den Geräten, die fast keinerlei Sehschärfe verlangen, ist zwar auch eine Steigerung vorhanden, jedoch ist sie nicht so ausgesprochen.

Die Schwankungen bei den einzelnen Ergebnissen sind auf Übung einerseits und auf Ermüdung anderseits zurückzuführen, Einflüsse, die sich nie ganz ausschalten lassen und nur außerordentlich schwer zahlenmäßig zu erfassen sind. Die günstigste Beleuchtungsstärke scheint für die geprüften Vorrichtungen bei 100 bis 200 Lux zu liegen. Eine weitere Verstärkung wird dabei, wie die angeführten Zahlen zeigen, im allgemeinen nicht angebracht sein, da die Leistungserhöhung den vermehrten Kosten nicht mehr entsprechen dürfte. Immer kommt es allerdings auf die vorliegenden Arbeiten an. So dürfte bei Arbeiten, bei denen ein sehr gutes Sehen erforderlich ist, wie aus Zahlentafel 1 ersichtlich wird, eine entsprechend höhere Beleuchtungsstärke angebracht sein. Ob hierbei 600 Lux die Grenze bilden, muß allerdings dahingestellt bleiben.

Im Zusammenhang mit der gestellten Frage wies Dr. Ruffer noch auf eine ähnliche Untersuchung hin, die Herr Dr. L. Bloch angestellt hatte. Er ließ das Einfädeln eines

Zahlentafel 2. Abhängigkeit der Leistung von der Beleuchtung.

Art der Prüfung	Erforderliche Sehschärfe	Leistung in vH der bei 25 Lux erhaltenen Werte								
		1	3	5	10	25	50	100	300	600
Sehschärfe R. I	1	23	23	30	55	100	159	186	200	243
„ R. II	1	27	29	32	62	100	180	198	215	222
„ R. III	1	30	33	33	48	100	184	212	245	250
Mittel:		26,6	28,3	31,6	54,3	100	174,3	198,6	220	228,3
Tremometer ≶	2	29	43	71	86	100	107	114	114	114
Tremometer S	2	33	33	67	88	100	108	125	133	133
Perlen aufziehen	2	49	73	91	97	100	107	111	108	111
Schnelligk.: Fe-St. 0,3 ∅	2	41	71	81	93	100	106	113	114	113
Treffsicherheit	2	46	61	72	103	100	110	112	113	105
Tachistoskop	2	32	44	68	92	100	125	145	118	148
Mittel:		38,3	54,2	75,0	93,2	100	110,5	120,0	116,7	120,7
Augenmaß: Halbieren	3	52	80	91	115	100	130	120	138	148
„ Mittelpunkt	3	50	42	65	105	100	118	99	120	110
Tremometer: o	3	69	81	93	98	100	100	105	105	102
„ O	3	46	70	93	96	100	104	110	109	107
„ O	3	53	71	91	102	100	106	114	114	114
Schnelligk.: Fe-St. 0,6 ∅	3	59	76	85	93	100	98	107	107	108
Karten sortieren	3	10	37	77	100	100	109	108	112	115
Mittel:		48,4	65,3	85,0	101,3	100	109,3	108,8	115,0	114,8
Verteilte Aufmerksamk.	4	37	76	78	98	100	109	111	116	121
Fallstangen	5	68	81	89	94	100	101	105	104	107

[1]) Vorgetragen auf der von der deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft gemeinsam mit der Berliner Gesellschaft für öffentliche Gesundheitspflege und der Berliner Ophthalmologischen Gesellschaft im Dezember 1924 veranstalteten Tagung.

weißen Fadens in eine Nähnadel über einem mattweißen Untergrunde von fünf verschiedenen Versuchspersonen bei verschiedenen Beleuchtungsstärken vornehmen, wobei die Zeit bestimmt wurde, die zum zehnmaligen hintereinander durchgeführten Einfädeln erforderlich war. Zahlentafel 3 zeigt die erzielten Ergebnisse. Sämtliche Zahlen sind sowohl in Sekunden als auch in Verhältniszahlen angeführt, wobei der Mittelwert der Zeiten für die verschiedenen Beleuchtungsstärken bei jedem Beobachter sowie beim Gesamtmittel zu 100 vH angenommen wurde.

Dabei zeigt sich, wenn man die in den beiden letzten Spalten angegebenen Mittelwerte der fünf Beobachter heranzieht, eine sehr starke Abnahme der erforderlichen Zeit bei einer Beleuchtungsänderung von 1 bis 30 Lux. Die Abnahme ist geringer zwischen 30 und 300 Lux, etwa 10 vH. Zur Erlangung von einwandfreien Ergebnissen muß freilich noch eine große Reihe von Untersuchungen angestellt werden.

Auch die Frage, ob durch Verminderung der Beleuchtungsstärke auch eine Verminderung der Leistung herbeigeführt wird, ist untersucht worden, und zwar in der New York City Hall Post Office. Unter den Briefsichtern zeigte sich zunächst eine erhebliche Zunahme der Arbeitschnelligkeit, wenn die Beleuchtungsstärke nacheinander von 30 auf 96 und auf 168 Lux erhöht wurde. Bei einer Verminderung der Beleuchtung auf den Anfangswert von 30 Lux fand man jedoch, daß die Produktion nicht zu ihrem ursprünglichen Werte zurückkehrte, sondern beträchtlich darüber lag. Das gleiche Ergebnis wurde auch in England gefunden, wo bei einer Verminderung der Beleuchtung in einer Kohlenzeche die Kohlenförderung um 5,4 vH über ihrem ursprünglichen Werte lag.

Auch die von dem Vortragenden angestellten Versuche ergaben ein entsprechendes Ergebnis, indem die neuen Werte durchschnittlich 8 vH über den alten lagen. Eine Erklärung hierfür gibt Nichols, der behauptet, daß hier die Gewohnheit stark mitspreche. Der Arbeiter hat sich an die höhere Leistung bei verbesserter Beleuchtung rasch gewöhnt, und bei verminderter Beleuchtung versucht er dann, ebenso schnell zu arbeiten. Ob allerdings diese Schnelligkeit mit der Zeit anhält, ist mehr als fraglich.

Wenn man die Untersuchungsergebnisse sachgemäß berücksichtigt, wird eine Verbesserung der Beleuchtung eine Ertragsteigerung zur Folge haben; dazu kommt aber noch die größere Sicherheit und Sauberkeit, eine Erschwerung der Diebstähle und der Einfluß einer schönen und hellen Umgebung, die die Arbeitsfreudigkeit hebt, während eine düstere, die Augen überanstrengende Umgebung eine drückende Belastung hervorruft. Lx.

[N 114]

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Das Gesetz des Kraftverlaufes beim Stoß. Von Dr.-Ing. Berger. Braunschweig 1924, Vieweg & Sohn. 191 S. m. Abb. Preis geh. Gm. 9, geb. Gm. 12.

In dem Buch von Dr.-Ing. Berger findet man neben einem Überblick über die bisherigen Ergebnisse der Forschung auf diesem Gebiete manche wertvolle Anregung in experimenteller und theoretischer Hinsicht, die das Buch zu einem beachtenswerten Hilfsmittel für die weitere Forschung macht. Die sehr gründliche Zusammenstellung und Besprechung der bisherigen experimentellen und theoretischen Arbeiten über den Stoß fester Körper umfaßt den ersten Teil des Buches im Umfang von etwa 50 Seiten. Daran schließt sich die Beschreibung der eigenen Versuche, die der Verfasser über den Längsstoß beim Stab ausgeführt hat. Die Versuchseinrichtung ist bemerkenswert. Als Zeitskala zur Messung der sehr kurzen Stoßdauer wird die Periode eines Wechselstromes verwendet. Durch eine Hebelvorrichtung wird der Stoß der Körper auf Federn übertragen. Je nach der Wahl der verwendeten Federn, die den Stoß abfangen, erhält man andre Beziehungen zwischen der Stoßkraft und dem Stoßweg, beide als Funktion der Zeit. Bekanntlich läßt sich der Stoßvorgang aus den Sätzen der Mechanik in allen Einzelheiten ableiten, sobald das Elastizitätsgesetz, d. h. die Beziehung zwischen der Stoßkraft P und der Formänderung ξ bekannt ist. Allgemein kann man dafür $P = c\,\xi^m$ setzen.

Der Verfasser findet für die bei den meisten seiner Versuche verwendeten Federn durch einen einfachen Zugversuch in guter Annäherung das Gesetz $P = c\,\xi^{0,36}$ und bestätigt bei seinen Stoßversuchen die Schlüsse, die für $m = 0,36$ aus den Sätzen der Mechanik folgen. Aus der guten Übereinstimmung der Versuche mit der Theorie ist weniger eine Begründung der bekannten Stoßformeln der Mechanik, als vielmehr eine Bestätigung für die richtige Ausführung und Auswertung der Versuche des Verfassers zu folgern; denn an den klassischen Sätzen der Mechanik, die dabei verwendet werden, ist nicht zu zweifeln.

Nur kurz geht der Verfasser auf die vielleicht wichtigste Frage ein, nämlich auf den Wert von m beim nicht abgefederten Stoß zweier Körper. Es würde sich verlohnen, wenn der Verfasser noch mehr auf den Vergleich seiner Ergebnisse mit denen andrer Forscher eingehen würde. Jedenfalls gibt das Buch Anregungen für die Weiterarbeit auf diesem Gebiet.

Gegenüber dem wertvollen Inhalt des verdienstvollen Buches sind es nur Kleinigkeiten, auf die ich zum Schluß noch aufmerksam machen möchte, damit sie vom Verfasser bei einer zweiten Auflage berücksichtigt werden können. Auf S. 110 glaubt der Verfasser als wissenswert hervorheben zu müssen, daß die Stoßdauer mit der Schwingungsdauer eines Pendels übereinstimmt. In Wirklichkeit ist aber von vornherein nichts andres zu erwarten, und man hätte sich die ganze vorhergehende Ableitung sparen können, da der Stoßvorgang unter den gemachten Voraussetzungen einer harmonischen Schwingung vollkommen entspricht. Auf S. 131 wird der Fall $m = 0$ kurz besprochen. Es wäre hinzuzufügen, daß es sinnlos ist, beim Stoß mit dem Gedankenbild starrer Körper zu arbeiten. Schließlich enthält der letzte Abschnitt über den Geltungsbereich der Stoßgesetze manches, worüber man auch andrer Meinung sein kann.

Es wäre zu wünschen, daß die Arbeit des Verfassers vielleicht in ähnlicher Weise auf den praktisch noch wichtigeren Biegestoß übertragen würde. [E 133] L. Föppl, München.

Electric Lift Equipment for Modern Buildings. A Practical Guide to its Selection, Installation, Operation and Maintenance. Von Ronald Grierson. London 1923, Chapman & Hall, Ltd. 179 S. m. 96 Abb. Preis sh. 15.

Das Buch gibt einen guten Überblick über den heutigen Stand der englisch-amerikanischen Aufzugtechnik und verdient in Deutschland volle Beachtung im Hinblick auf die zunehmende Bedeutung, die Aufzüge für hohe Fahrgeschwindigkeit, große Fahrtenzahl und bedeutende Hubhöhe in Geschäftshäusern bzw. Hochhäusern gewinnen. Besonders für solche deutsche Aufzugfirmen, die für die Ausfuhr arbeiten und dementsprechend mit englischem und amerikanischem Wettbewerb zu rechnen haben, dürfte diese Veröffentlichung wichtig sein.

Das Buch enthält u. a. Angaben über die Wahl der Aufzuggeschwindigkeit für Wohnhäuser, Warenhäuser, Bureauhäuser (Hochhäuser) und dergl., sowie Gesichtspunkte für die Ermittlung der Anzahl und die Anordnung der Aufzüge. Es werden neuzeitliche Fangvorrichtungen beschrieben, wie die von Otis und von Pratt, die nicht, wie bei uns üblich, selbstsperrend sind, sondern auf der Klemmwirkung von Zangen beruhen, entsprechend den Einrichtungen, die bereits bei Bergbahnen (Seilstandbahnen) bekannt sind. Die Fangvorrichtungen mit Selbstsperrung würden bei den hohen Fahrgeschwindigkeiten (bis zu 4 m/s) eine erhebliche Gefahrquelle beim Fangen bilden.

Die Fangvorrichtung wird aber trotz der Sorgfalt, die auf ihre Durchbildung verwendet wird, nicht als wesentlich für die Sicherheit angesehen, sondern die Steigerung der Sicherheit wird sinngemäß durch die Seile selbst angestrebt, und zwar durch Anordnung einer Vielzahl von Seilen und durch sorgfältige Auswahl der Seilart. Es werden nur Seile im Albertschlag empfohlen, übereinstimmend mit Versuchsergebnissen in Deutschland[1]), und zwar mit 6×12, 6×19 und 6×24 Drähten. Seile mit $6 \times 19 = 114$ Drähten werden anscheinend bevorzugt.

Der Trommel- oder Rollendurchmesser wird nicht in Abhängigkeit gebracht vom Drahtdurchmesser, sondern vom Seildurchmesser. Mit dem Rollendurchmesser soll nicht unter das 26fache des Seildurchmessers, besser aber nicht unter das 40fache des Seildurchmessers gegangen werden. Ausführungen zeigen noch höhere Werte.

Für den vorherrschenden Typ der Treibscheibenwinde werden 4 bis 6 Seile empfohlen, bei etwa 20facher Sicherheit auf Zug. Über die Vorzüge der Treibscheibenwinde vergl. den Bericht über Wembley[2]). Für hohe Fahrgeschwindigkeiten, d. h. über rd. 2,0 m/s, wird unmittelbare Kupplung von Motor und Treibscheibe angewendet, wodurch denkbar einfachster Aufbau der Winde, bei hohem Wirkungsgrad und geräuschlosem Gang erzielt wird.

Weitere Abschnitte behandeln den Einbau der Aufzugmaschine, Seilführung, Elektromotoren, Bremsen und Steuerungsorgane, Schachtausbau, Türverschlüsse, Sicherheits- und Signaleinrichtungen. Ein kurzer Abschnitt befaßt sich mit den beweglichen Treppen (Escalators), die für große Förderleistungen besonders bei Bahnhofsanlagen, Untergrundbahnen und dergl. in Frage kommen. Mit Hilfe eines Otis-Escalators können ohne Schwierigkeit 11 000 Personen in 1 h befördert werden.

Zum Schluß folgen noch eine englische und eine amerikanische Unfallstatistik sowie Sicherheitsvorschriften, Regeln für Bau, Betrieb und Erhaltung von Aufzügen.

[1]) „Maschinenbau" Bd. 3 6 (1924) Heft 21.
[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 69.

Als ein Mangel des Buches ist das Fehlen wesentlicher konstruktiver Einzeldarstellungen anzusehen. Die Gleichung Seite 47 bezüglich der Andrückkraft zwischen Seil- und Keilrille müßte lauten: $2\,P_I = \frac{P}{\sin\frac{\Theta}{2}}$.

[E 171] R. Woernle, Danzig.

Die Zellulosefabrikation (Zellstoffabrikation). Praktisches Handbuch für Papier- u. Zellulosetechniker, kaufmännische Direktoren, Werkführer, sowie zum Unterricht in Fachschulen. Von Max Schubert, weiland Fabrikdirektor a. D., Prof. a. d. kgl. technischen Hochschule zu Dresden. 4. umgearb. u. vervollst. Auflage von Ernst Altmann, Ingenieurchemiker f. Papier u. Zellulosefabrikation. Berlin 1924, M. Krayn. 279 S. mit 242 Abb. im Text. Preis Gm. 18.

Die erste Auflage des vorliegenden, in der Zelluloseindustrie sehr geschätzten Werkes erschien im Jahre 1892 und erlebte bald eine Neuauflage. Nach dem Tode des aus der Praxis hervorgegangenen Verfassers wurde die 3. Auflage 1905 von dem Zellulosefachmann Th. Knösel besorgt. Nunmehr liegt nach weiteren 19 Jahren eine 4. Auflage vor, die gleichfalls von einem Praktiker stammt. Der neue Bearbeiter hat mit vollem Recht manche veralteten Verfahren fortgelassen und dafür die neuere Literatur eingehender berücksichtigt. Allerdings hat er sich vielfach damit begnügt, einfache Auszüge aus den betreffenden Fachzeitschriften wiederzugeben. Man lernt dadurch zwar die Ansichten einzelner Verfasser ausführlicher kennen. Im ganzen aber bedingt eine solche Wiedergabe naturgemäß auch viele Wiederholungen. Anderseits sind manche Teile des Buches knapper gehalten, als vielleicht zweckmäßig gewesen wäre. In dem kurzen Kapitel über Zellulose aus Laubhölzern, in dem auch die Zellulosegewinnung aus Schilf erwähnt ist, findet sich jedoch ein Satz S. 232, mit dem sich der Berichterstatter ganz und gar nicht einverstanden erklären kann. Der Bearbeiter gibt nämlich nach einer zwar etwas allgemein gehaltenen, aber doch wohl auf ein bestimmtes Verfahren (anscheinend dasjenige der Muldentalwerke) hinzielenden Beurteilung der Gewinnungsverfahren der Zellulose aus Schilf folgende Bemerkung wieder: „Verfasser dieses kennt jedenfalls ein Verfahren, mit dem ein gebleichter Stoff herzustellen ist, ein Papier mit 8000 m Reißlänge. Auf dieses auf ganz andern Grundlagen als den bisher bekannten aufgebauten Verfahren kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden". Wenn man ein für die Praxis bestimmtes Sonderwerk veröffentlicht, so dürfte es sich doch wohl empfehlen, entweder solche Sätze fortzulassen oder die Grundlagen des betreffenden Verfahrens zu schildern.

Den Hauptwert des Buches bildet wohl die Schilderung der technischen Verfahren, Zellstoff aus Holz durch Chemikalien, wie Natron und schwefligsaure Salze zu gewinnen. Insbesondere die Ausführungen über das Sulphitverfahren erscheinen für die Praxis besonders wertvoll. Verhältnismäßig wenig wird übrigens in dem Buch auf die chemischen Grundlagen der verschiedenen Reaktionen der Zellstoffindustrie eingegangen, und auch der einleitende wirtschaftliche Teil schildert ganz überwiegend nur die Zeiten vor dem Krieg ohne genügende Berücksichtigung der durch den Weltkrieg herbeigeführten Veränderungen in der internationalen Zellstoffindustrie. Trotz dieser kleinen Schönheitsfehler wird das Werk seinen Hauptzweck als ein praktisches Handbuch zu dienen, zweifellos erfüllen, da es mit seinen vielen Hinweisen auf neuere technische Fortschritte besonders dem Praktiker manche nützlichen Anregungen zu geben vermag. [E 859] H. Großmann.

Die Theorie elastischer Gewebe und ihre Anwendung auf die Berechnung biegsamer Platten unter besonderer Berücksichtigung der trägerlosen Pilzdecken. Von H. Marcus. Berlin 1924, Julius Springer. 368 S. m. 123 Textabb. Preis geb. Gm. 21.

Der durch seine beachtenswerte Berechnung von elastischen Platten bekannt gewordene Verfasser und Leiter einer Unternehmung für Eisenbetonbau gibt hier eine eingehende Darstellung seiner Theorie der elastischen Gewebe mit ihren zahlreichen Anwendungen. Ähnlich wie man die elastische Linie eines gebogenen Stabes nach Otto Mohr als eine Seilkurve ansehen kann, deren Belastungen durch das Bild der Momentenkurve gegeben sind, wird die elastische Fläche einer gebogenen Platte mit der Gestalt einer dünnen, gespannten Haut in Beziehung gebracht. An Stelle der Momentenkurve (des „ersten Seiles") beim geraden Stab tritt hier eine Fläche, deren Ordinaten die Summen der beiden Biegungsmomente der Platte sind und die selbst die Gleichgewichtsgestalt einer dünnen Haut ist.

So gelangt Marcus zu zwei Sätzen über die Gestalt der „Momentenfläche" M und der elastischen Fläche der gebogenen Platte. Durch sie gewinnt eine in der Theorie der linearen Differentialgleichungen des öftern angewendete Zerlegung einer Gleichung höherer Ordnung in mehrere Gleichungen niedrigerer Ordnung mit ebensoviel unbekannten Funktionen einen anschaulichen Ausdruck.

Wichtiger als diese mehr äußerliche Form für die Zerlegung der Plattengleichung vierter Ordnung in zwei Gleichungen zweiter Ordnung ist jedoch der nächstfolgende Schritt, wo Marcus die gespannte Haut durch ein der jeweiligen Umrißlinie angepaßtes Netz von geraden Stäben ersetzt. Das „stellvertretende Gewebe", wie er dies Netzwerk räumlich angeordneter Seilecke nennt, bildet die Grundlage für die Ermittlung der Gleichgewichtsgestalt der gespannten Haut oder der Ordinaten der elastischen Fläche der gebogenen Platte sowie ihrer Spannungen. Auch hier wieder eine sehr anschauliche Form für einen mathematischen Vorgang: den Ersatz der partiellen Ableitungen einer Funktion durch ihre Differenzquotienten.

Seine Unterscheidung statisch „bestimmter" und „unbestimmter" Biegungsaufgaben der Platten dürfte hingegen nicht dem Sinn entsprechen, den man gewöhnlich mit dieser Bezeichnung in der Festigkeitslehre zu verbinden pflegt. Durch gegebene Werte der Momentensummen M entlang der Randkurve sind die Form der Fläche M und die inneren Scherkräfte der gebogenen Platte bei einer gegebenen Belastung auch dann noch völlig bestimmt, wenn M nicht die von Marcus betrachteten Werte null auf der Randbegrenzung annimmt. In allen diesen Belastungsfällen können „die Momentsumme M und die Scherkraft V unmittelbar aus der Lösung der einzigen Differentialgleichung (der gespannten Haut) gewonnen werden". Da die Gestalt der gebogenen Mittelfläche der Platte und ihre Randscherkräfte noch von einer zweiten Randbedingung abhängen, kann man wohl auch im Sonderfall $M = 0$ und $\zeta = 0$ entlang des Randes nicht gut von einer statisch bestimmten Lagerung sprechen. Das Merkmal der statisch bestimmten Lagerung ist meines Erachtens nur gegeben, wenn man ohne Kenntnis der Gestalt der gebogenen Mittelfläche ihre Stützkräfte angeben kann, z. B. bei einer Platte unter der Wirkung von lauter parallelen Kräften, wenn die Platte in drei Punkten unterstützt ist.

Der Verfasser hat sich mit der sorgfältigen Durchrechnung der Spannungsverteilungen in einer großen Zahl von Belastungsfällen von bedeutendem theoretischen und praktischen Interesse — erwähnt seien die frei gestützte und die eingespannte rechteckige, die frei aufliegende dreieckige Platte, die Platten mit freien Rändern, mit nachgiebiger Stützung und die trägerlosen Decken mit verschiedener Feldeinteilung — ein großes Verdienst erworben. Seine Bemühungen, die Berechnung der Eisenbetonplatten auf streng mechanischer Grundlage aufzubauen, verdienen besonders anerkannt zu werden. In den zum Vergleich herangezogenen Belastungsfällen geradlinig frei gestützter rechteckiger Platten ergeben sich Spannungen und Durchbiegungen der Platten, die mit ihren aus den strengen Lösungen ermittelten Werten sehr gut übereinstimmen.

Die Genauigkeit, womit die Differenzenrechnung die Spannungen und die Durchbiegungen unter ungünstigeren Belastungen mit starken Krümmungsänderungen der Platten liefert, wäre wohl noch zu überprüfen. Bei der Besprechung der Theorie der Randscherkräfte, der Eckkraft und bei den analytischen Darstellungen der Lösungen (von denen Marcus übrigens neben der Theorie der elastischen Gewebe ausgiebigen Gebrauch gemacht hat), vermisse ich Quellenangaben. Die gelegentlichen Hinweise auf die neueren Arbeiten andrer Verfasser lassen nicht genügend erkennen, welche Ansätze und Berechnungsverfahren diese Arbeiten enthalten und welche von ihnen das Buch ebenfalls verwendet.

[E 117] A. Nádai.

Erddruck auf Stützmauern. Von Prof. Richard Petersen, Danzig. Berlin 1924, Julius Springer. 84 S. m. 80 Abb. Preis geh. Gm. 5, geb. Gm. 6,30.

Im ersten Abschnitt werden verschiedene Mauerquerschnitte untersucht (der senkrecht stehende rechteckige Querschnitt, der trapezförmige — vorn schräg, hinten senkrecht —, derselbe hinten etwas unterschnitten und der parallelogrammförmige mit rückwärts geneigten parallelen Vorder- und Hinterkanten) mit dem Ergebnis, daß der trapezförmige im allgemeinen am günstigsten scheint, und die zweckmäßigste Form die des trapezförmigen Querschnitts mit vorgezogenem Fundamentsockel ist. Dabei werden die Beziehungen zwischen Sohlenbreite und Baugrundpressung an der Vorderkante und die Beziehungen zwischen Querschnittgröße und Baugrundpressung zeichnerisch dargestellt für alle untersuchten vier Formen unter Annahme eines wagerechten und eines unter 26½° gegen die Wagerechte geneigten Erddruckes.

Der zweite Abschnitt behandelt Größe, Richtung und Lage des Erddrucks für ebene und gekrümmte Gleitflächen. Hier kann man dem Verfasser leider nicht in allen Punkten zustimmen. Der Erddruck — die Ordinate der σ_e-Fläche — muß bei unbelastetem Erdreich unabhängig von der Richtung an der Oberfläche immer Null sein und nimmt nach unten ähnlich wie der Wasserdruck zu. Die Zerlegung des Querschnitts des Erdprismas oberhalb der Gleitfläche in streifenförmige Elemente parallel zu dieser Gleitfläche führt den Verfasser zu einer irrtümlichen Darstellung des Gleichgewichts dieser Streifen, womit alle daran geknüpften Folgerungen hinfällig werden. Auch der Betrachtung zu Abb. 58 kann man nicht zustimmen.

Im dritten Abschnitt „Zeichnerische Darstellung der Größe des Erddrucks" schlägt der Verfasser für die Berechnung Formeln vor, die sich vollkommen mit den von Müller-Breslau in seinem Buch „Erddruck auf Stützmauern" angegebenen decken. Auf

Grund dieser Formeln hergeleitete Diagramme für die Beziehungen der Größen n und m in den Formeln

$$E = n \gamma h^2 \text{ und } E = m h^2$$

zum natürlichen Böschungswinkel, zum Raumgewicht der Erde und zur Richtung des Erddrucks zeigen in sehr übersichtlicher und klarer Form den Einfluß dieser Größen auf den Erddruck. [E 131] Petermann.

Das antike Seewesen. Von August Köster. Berlin 1923, Schnetz & Parrhysius. 254 S. m. 104 Abb. Preis Gm. 15.

Der Verfasser, der aus einer Seemannsfamilie stammt, schildert in lebendiger Darstellung das Seewesen der Ägypter, Phönizier, Griechen, Römer und ihrer Zeitgenossen, soweit Kunde auf uns gekommen ist. Zwischendurch werden die „Nordvölker" erwähnt, denen die Aegypter den Mars entlehnen und die Ramses III. besiegt.

Bei den meist kümmerlichen Angaben über das Aussehen der Schiffe ist ihre Rekonstruktion oft schwierig. Am besten scheint man über die ägyptischen Schiffe unterrichtet zu sein infolge der uns zugänglichen guten Nachbildungen. Die Form dieser Schiffe geht nach Köster auf das Papyrusboot oder besser Papyrusfloß zurück, dessen weit emporgezogene Enden nach unserer Ansicht eine Verdrängungsreserve darstellen sollten, wenn das Floß zum Teil durchgeweicht war. Die gleiche Form ist später von den Ägyptern für Holzschiffe übernommen worden, ohne daß sie hierfür in gleicher Weise berechtigt gewesen wäre. Wenn unsere Ansicht richtig ist, so hätte man schon aus der Kindheit des ägyptischen Seewesens etwa 3000 Jahre vor Christus einen Beleg dafür, daß der Schiffbauer sich nur schwer vom Altgewohnten trennt. [E 116]

Beiträge zu einer dynamischen Theorie des Eisenbahnoberbaues. Von Dr.-Ing. Dreyer, Regierungsbaurat. München 1925, Johs. Albert Mahr. 63 S. mit 2 Tafeln und zahlr. Abb. Preis Gm. 3.

Der Verfasser entwickelt ein Verfahren, durch das es gelingt, der Veränderlichkeit der Raddrücke im Eisenbahnoberbau Rechnung zu tragen und der Erkenntnis der tatsächlichen Belastung des Oberbaues näher zu kommen. Außerdem werden Hinweise gegeben über die Wechselbeziehungen zwischen Gleis und rollendem Gut. Das in der Abhandlung entwickelte Verfahren ermöglicht auch, die kritischen Verhältnisse zwischen den einzelnen Bestandteilen des Oberbaues und der Fahrzeuge zu untersuchen. Die Arbeit führt bis auf die Ermittlung der Bahnkurven für bewegte Last und der Oberbauschwingungen. [E 112]

Das neue russische Patentgesetz. Von Prof. J. J. Heifetz. Berlin 1924, M. Krayn. 116 S. Preis geb. Gm. 5.

Nach dem Vorwort ist das Buch ein deutscher Auszug aus einem russischen Werk des Verfassers über die Grundlagen des Patentrechtes. Es befaßt sich wesentlich mit denjenigen Bestimmungen des russischen Gesetzes, die vom deutschen Patentrecht abweichen und die sich auf Ausländer beziehen, und enthält auch einen Kommentar der Einführungsverordnung. Die Rechte der Ausländer werden auch für andre Gebiete als für das Patent- und Gebrauchsmusterrecht besprochen. Der Wortlaut der Verordnungen und des Gesetzes ist in guter deutscher Übersetzung angefügt, außerdem eine Übersicht über die Organisationen der russischen Regierung. Der Kommentar ist für denjenigen, der auf dem Gebiet des Patentrechtes sachverständig ist, eine willkommene Ergänzung der Übersetzung. Da er meines Wissens der einzige deutsche Kommentar des neuen russischen Gesetzes ist, ist er nicht zu entbehren. Die Beschränkung des Umfanges der deutschen Ausgabe erhöht außerordentlich die Brauchbarkeit des Werkes.

Das neue russische Patentgesetz unterscheidet sich von dem alten und von dem deutschen Patentgesetz wesentlich in zwei Punkten, darin nämlich, daß es das Patent dem wahren und ersten Erfinder und seinem Rechtsnachfolger vorbehält und daß die Neuheit der Erfindung auch durch offenkundige Benutzung im Auslande beeinträchtigt wird. In dem ersten Punkt folgt es dem 1913 vom Reichsamt des Innern herausgegebenen Entwurf eines neuen deutschen Patentgesetzes. Recht interessant ist, daß diese Bestimmung, deren planwidrige Einfügung in das sonst auf den ersten Anmelder abgestellte deutsche Patentrecht damals offenbar ein Zugeständnis an die sogenannten sozialen Bestrebungen bildete, d. h. an die Bestrebungen der Wohltätigkeit aus fremden Taschen, jetzt von der sozialistischen russischen Regierung aufgenommen worden ist. Auch diese hat sich aber veranlaßt gesehen, den Unternehmern gegen Schikanen ihrer erfinderisch veranlagten Angestellten einen Ausweg dadurch zu eröffnen, daß das Gesetz die Möglichkeit von Etablissements-Erfindungen zuläßt, wenn kein bestimmter Erfinder zu ermitteln ist. [E 126] F. Neubauer.

Betriebstaschenbuch. Herausg. v. R. Horstmann u. K. Laudien. **Maschinenteile. Berechnung u. Konstruktion, Anordnung u. Wartung.** Bearbeitet v. K. Laudien. Leipzig 1925, Max Jänecke. 279 S. m. 506 Abb. Preis Gm. 5,40.

Keile. Von Kurt Hentschel. Berlin 1924, Beuth-Verlag. 108 S. m. 38 Abb. Preis Gm. 3. Dinbuch 11.

Elektrische Maschinen. Von Rudolf Richter. Bd. 1: Allgemeine Berechnungselemente — Die Gleichstrommaschinen. Berlin 1924, Julius Springer. 630 S. m. 453 Abb. Preis Gm. 27.

Über die Eingliederung der Normungsarbeit in die Organisation einer Maschinenfabrik. Von Friedrich Meyenberg. Berlin 1924, Julius Springer. 67 S. Preis Gm. 3.30.

Werkstoffe. Eigenschaften u. Prüfung. Bearb. v. H. Edert. Leipzig 1925, Max Jänecke. 112 S. m. 30 Abb. Preis Gm. 2,30.

Zeitfragen der Kohlenwirtschaft. Herausg. v. Karl Borchardt. H. 1: **Energiepolitik u. Produktionskostenverminderung.** Von zur Nedden. Berlin 1924, Deutsche Kohlenzeitung. 24 S.

Massenfabrikation in der Holzindustrie. Von Robert Lippmann. Jena 1924, Hermann Costenoble. 99 S. m. 32 Abb. Preis Gm. 3. (Holztechnische Handbibliothek Bd. 3.)

Reduktions-Tabelle für Heizwert u. Volumen von Gasen. Von K. Ludwig. 2. erw. Aufl. München u. Berlin 1925, R. Oldenbourg. 15 S. Preis Gm. 1,50.

Sammlung elektro-chemischer Rechenaufgaben. Von Gustav F. Hüttig. Berlin u. Leipzig 1924, W. de Gruyter & Co. 102 S. Preis Gm. 1,25. (Sammlung Göschen Bd. 892.)

Franz Reuleaux und seine Kinematik. Von Carl Weihe. Berlin 1925, Julius Springer. 99 S. m. 4 Abb. Preis Gm. 3.

Elektrochemie u. ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. 1.: Allgemeine Elektrochemie. Von Heinrich Danneel. 4. umgearb. Aufl. Berlin u. Leipzig 1924, W. de Gruyter & Co. 173 S. m. 19 Abb. Preis Gm. 1.25. (Sammlung Göschen Bd. 252.)

Zerkleinerung v. Brennstoffen. Von Oberreg.-Rat Rühl. Halle 1923, Wilhelm Knapp. 33 S. m. 23 Abb. Preis Gm. 1,70.

Taschenbuch für Preßluft-Betrieb. 5. Ausg. Herausg. von der Frankfurter Maschinenbau-Akt.-Ges., Frankfurt/M. 408 S. m. ca. 300 Abb.

Braunkohlen-Industrietag. 10. und 11. April 1924. Halle 1924, Wilhelm Knapp. S. 305 bis 400. Abb. 119 bis 200. Preis Gm. 3.

Die Reduktion der Eisenerze in elektrischen Öfen. Von Hans von Jüptner. Leipzig 1924, Arthur Felix. 284 S. m. 67 Abb. Preis Gm. 9. (Sammlung technischer Forschungsergebnisse, Bd. 12.)

Die Beleuchtung von Eisenbahn-Personenwagen mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Beleuchtung. Von Max Büttner. 3. verm. u. verb. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 207 S. m. 120 Abb. Preis Gm. 12.

Die Zeitaufnahmen in den Eisenbahnwerken. Von Oberreg.-Baurat Lüders. Berlin 1924, H. Apitz. 65 S. m. 14 Abb. Preis Gm. 4.

Nomographische Tafeln für den Gebrauch in der Radiotechnik. Von Ludwig Bergmann. Berlin 1925, Julius Springer. 75 S. m. 47 Abb. Preis Gm. 2,10. (Bibliothek des Radio-Amateurs Bd. 8.)

Der Bau neuer Fernämter. T. 1: Allgemeine Betrachtungen u. Vorschläge. T. 2: Technische Richtlinien. Von W. Schreiber. München 1924, J. Schreiber. 217 S. 1 Anlage: Planssammlung zur Abhandlung über den „Bau neuer Fernämter". Preis Gm. 20.

Industrielles Wörterbuch. Bearb. v. S. Herzog. Wien und Leipzig 1924, A. Hartleben. 509 S. Preis Gm. 16.

Wie baue ich einen einfachen Detektor-Empfänger. Von Eugen Nesper. Berlin 1925, Julius Springer. 52 S. m. 30 Abb. Preis Gm. 1,35. (Bibliothek d. Radio-Amateurs Bd. 7.)

Schiffahrt-Jahrbuch 1925. Bearb. v. L. Huckriede-Schulz. Mit einem Geleitwort v. Dr. Cuno. Hamburg 1925, Seedienst-Verlag. 1100 S. Preis Gm. 20.

Weltpolitik u. Weltwirtschaft. Herausg. v. Alfred Ball u. Arthur Dix. Bd. 1, H. 1. Januar 1925. München u. Berlin 1925, R. Oldenbourg. Abonnementspreis 1 Jg. Gm. 20.

Das kommende Aufwertungs-Gesetz. Von Fritz Dannenbaum. Berlin 1925, Franz Vahlen. 24 S. Preis Gm. 0,75.

Annuaire pour l'an 1925. Publié par le Bureau des Longitudes. Paris 1925, Gauthier-Villars & Cie. 686 S. mit wissenschaftlichen Notizen. Preis Fr. 6.50.

Oskar von Miller. Ein Führer deutscher Technik. Von Eugen Kalkschmidt. Stuttgart 1925, Dieck & Co., 85 S. m. 63 Abb. Preis Gm. 1.60.

Herder-Almanach. Freiburg i. Br. 1925, Herder & Co. 96 S. m. versch. Abb. Preis Gm. 0.60.

Deutsche Buchhändler. Vierundzwanzig Lebensbilder führender Männer des Buchhandels. Herausg. v. Gerhard Menz. Leipzig 1925. Werner Lehmann. 319 S. m. 24 Bildnissen u. sonst. Abb. (Am Steuer der Wirtschaft Bd. 3.)

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Die Kolbendampfmaschinen-Lokomotive mit Kondensation.

Der Aufsatz in Bd. 68 (1924) S. 997 gibt mir Anlaß zu folgenden Bemerkungen:

Sowohl die Ergebnisse als auch viele Einzelheiten können nicht ohne Widerspruch hingenommen werden. Die Frage, die der Fachwelt angesichts des Entschlusses „Kondensation oder nicht?" am Herzen liegt, ist die: „Was hat man zu erwarten, wenn die heutige neuzeitliche Heißdampf-Kolbenlokomotive Kondensation erhält?" Es interessiert hingegen keineswegs die Größe des Fortschritts gegenüber Lokomotiven, die vor 20 Jahren einmal modern waren. Soll also die in der „Gegenüberstellung" des Artikels herangezogene Heißdampf-Verbundmaschine mit Kondensation (Fall G) den Vorteil der Kondensation erweisen, so kann sie nicht der Sattdampfmaschine, sondern nur der Heißdampf-Verbundmaschine mit Auspuff gegenübergestellt werden. Ein brauchbares Ergebnis kann man nur erzielen, wenn man unter den möglichen Arbeitsbedingungen den Dampfverbrauch nach einem der bekannten Verfahren (z. B. Schüle) errechnet, einmal für Heißdampf mit Auspuff, sodann für Heißdampf mit Kondensation, und die Ergebnisse unter Berücksichtigung des Bedarfs der Hilfsmaschinen vergleicht. Das ist bei den Vulcan-Werken, Stettin, durchgeführt worden.

Danach scheiden zunächst einmal Maschinen mit einstufiger Dehnung infolge der Eigenart der Lokomotivmaschine für die Kondensation so lange aus, bis die Lokomotivsteuerungen in Richtung der Unabhängigkeit der Steuerpunkte voneinander einwandfrei ausgebildet sind. Zwecks Abpufferung der Getriebemassen geht man nämlich mit dem Verdichtungsdruck bei kleinen Füllungen (schneller Fahrt) bis annähernd zum Frischdampfdruck hinauf. Liegt also der Anfangsdruck infolge Kondensation tief, so wird ein hinreichender Enddruck nur bei Anwendung eines kleinen schädlichen Raumes erzielt. Dieser muß jedoch bei Lokomotiven aus mehreren Gründen (Nachstellung der Stangenlager, Wirkung des Federspiels, Druckausgleicher) beträchtlicher als bei ortsfesten Maschinen bleiben, und zwar dürften 6 bis 7 vH schon ein günstig angenommener Mindestwert sein. Jedenfalls scheint ein solcher von 3,75 vH wie in Abb. 4 des Aufsatzes jenseits der Ausführungsmöglichkeit zu liegen. Die Rechnung zeigt z. B., daß bei 7 vH schädlichem Raum und 50 vH Luftleere bereits ein Verdichtungsweg von 81 vH des Hubes nötig ist, um auch nur 11,3 at abs zu erreichen. Aber selbst wenn die Steuerung von Caprotti oder eine andre derartige Kompressionswege anwendbar machen sollte, so lehrt die nach Schüle durchgeführte Rechnung, daß Heißdampfzwilling mit Kondensation gegenüber Heißdampfzwilling mit Auspuff nur etwa 17 vH Ersparnis erhoffen läßt, wobei jedoch die Zugerzeugung und der Bedarf der Hilfsmaschinen unberücksichtigt bleiben. Es wird von keiner Seite bestritten[1]), daß dieser Bedarf die 17 vH Ersparnis wieder in Anspruch nimmt. Beträgt doch z. B. bei der Ljungström-Turbinenlokomotive allein die Leistung der Kühlventilatoren nach Angabe von Ljungström (Sonderdruck) $\frac{3{,}3}{14{,}7} \cdot 100 = 22{,}5$ vH der Triebleistung. Dazu treten Rauchgasventilator, Hilfspumpen usw. Der Aufwand für den Kühlventilator kann allerdings verringert werden, wenn — wie z. B. bei Krupp-Zoelly — die Luftkühlung unter Darangabe beträchtlicher Mengen Wassers durch Verdunstung ergänzt wird. Diese Wassermenge ist keineswegs geringfügig, wie gesagt wird, sondern beträgt z. B. bei 6 Mill. kcal/h, mittleren Temperaturverhältnissen und völliger Sättigung der Luft (geringster Ventilatorenergiebedarf) etwa 9000 kg/h Wasser. Damit werden auch die Schlußfolgerungen bezüglich der gleichbleibenden Tenderbelastung merklich abgeändert. Es ergibt sich also, daß die Heißdampf-Kolbenlokomotive bei einfacher Dehnung mit Kondensation einen Rückschritt gegenüber der Auspufflokomotive bedeutet. Etwas günstiger liegen die Verhältnisse bei zweistufiger Dehnung, weil man wegen kleinerer Druckstufung hier mit solchen Kompressionswegen auskommt, die sich bewältigen lassen. Aber auch hier beträgt die Dampfersparnis, nach Schüle berechnet, höchstens etwa 30 vH und wird durch den Bedarf der Hilfsmaschinen so weit aufgezehrt, daß schwerlich 10 vH Ersparnis übrigbleiben. Mit diesen Einwendungen stehen auch die Ausführungen von Wagner (Glasers Annalen Bd. 94 (1924) Nr. 1119) qualitativ im Einklange.

Müssen nach alledem die wesentlichen Ergebnisse des Artikels bestritten werden, so ist auch noch eine Reihe von Einzelheiten zu erwähnen. So ist die Berechnung des Dampfverbrauchs der Heißdampf- gegenüber dem der Naßdampfmaschine nicht ganz so einfach, wie der Verfasser auf S. 999 angibt, indem er einfach setzt: Der nutzbare Dampfverbrauch bei Heißdampf sinkt gegenüber Naßdampf in gleichem Maße, wie das Volumen von 1 kg Heißdampf das von 1 kg Naßdampf übertrifft. Hiervon kann natürlich keine Rede sein, schon weil das gleiche absolute Anfangsvolumen bei Heißdampf eine kleinere Diagrammfläche ergibt (siehe die gestrichelten und ausgezogenen Linien in den Abb. 1 bis 4 des Aufsatzes). Über den wirklichen Vorteil des Heißdampfes findet man eine klare Übersicht in Garbe, „Die Dampflokomotive der Gegenwart", 2. Auflage Bd. I S. 30 ff.

[1]) Vergl. Dr. Lorenz, Glasers Annalen B. 92 (1923 I) Nr. 1097, Gl. 10.

Die Schlußfolgerungen, S. 1001, sind undurchsichtig, da die Wirkungen von Überhitzung und Kondensation zusammengeworfen sind. Ob durch Kondensation eine Gewichtersparnis für gleiche Leistung eintritt, ist den Ausführungen zweifellos nicht zu entnehmen; sie ist angesichts der Hilfseinrichtungen stark zu bezweifeln. Bedenken erregt sodann die Annahme, durch Ausbau des Tenders zum Triebfahrzeug einen Vorteil zu erzielen. Ein wirklicher Vorteil wäre doch nur festzustellen, wenn die Zugkraft, d. h. bei gleicher Geschwindigkeit die Leistung, so gesteigert würde, daß sie im Kesselfahrzeug allein nicht ausnutzbar ist, ein Zustand, von dem jedenfalls die S- und P-Lokomotiven weit entfernt sind.

Daß die Feueranfachung durch Zwischendampf, der immerhin von 3 bis 4 at abs heruntergedrosselt werden müßte, statt im Niederdruckzylinder zu arbeiten, wirtschaftlich ist, kann man nicht annehmen. Die wahlweise Umstellung auf Auspuffbetrieb erfordert gleichzeitig Zuschaltung schädlichen Raumes.

In der „Gegenüberstellung" S. 1002 ff. ist eine Sattdampflokomotive von 285 m² Heizfläche als der österreichischen 1 C 2 ähnlich angenommen. Derartiges gibt es wohl in Europa nicht (Ausnahme: Französische Ostbahn). Vielleicht liegt eine Addition der Dampftrocknerheizfläche vor. Es werde sogar vernachlässigt, daß in Österreich die rd. 10 vH größere wasserberührte Heizfläche gezählt wird. Setzt man die Dampflieferung mit $222 \cdot 60 = 13\,300$ kg/h an, so erhält man eine Dauerleistung von nur $\frac{13\,300}{9{,}77} = 1360\ PS_i$ statt 1600 PS_i. Noch weniger ist darauf zu rechnen, daß die Dampflieferung für eine Zugkraft $= 0{,}6\ p \frac{d^2\,h}{D}$ ausreicht. Ganz ausgeschlossen ist nun gar eine Fahrt mit 90 km/h an der Reibungsgrenze, daher auch undenkbar die Leistung von 2450 PS_i. Der Hinweis auf ortfeste Maschinen, die eine „derartige Leistungssteigerung auf kurze Zeit zulassen", verkennt die Vergleichsfähigkeit. Die Berechnung der förderbaren Zuglast, aus der mit der Zugkraft

$$Z = \frac{G\ 1000\ pa}{g} = 6100\ \text{kg} = 0{,}6\ p \frac{d^2\,h}{D}$$

erzielbaren Anfahrbeschleunigung p weist schon darauf hin, daß mit $0{,}6\ p \frac{d^2\,h}{D}$ die Anfahrzugkraft gemeint ist, nicht aber diejenige bei 90 km Geschwindigkeit. Die 595 t Zuglast würden bei 10 vT Steigung nur 150 kg für den Laufwiderstand übriglassen. Was nun die vorgeschlagene 1 D + D 1-Achtzylinder-Heißdampf-Verbundlokomotive mit Kondensation anbelangt, so ist zunächst der Dampfbedarf für eine Leistung von 3160 PS_i mit $4{,}85 \cdot 3160 = 15\,300$ kg/h unter völliger Vernachlässigung des Bedarfs der Hilfsmaschinen berechnet, der sogar nur mit 17 vH berücksichtigt sei, so daß sich $15\,300 \cdot 1{,}17 = 17\,900$ kg/h Dampf ergibt. Diese Menge erfordert, da Heißdampf, rd. 10 vH mehr Brennstoff, so daß der Brennstoff für 3160 PS_i wächst auf das $1{,}17 \cdot 1{,}1 = \sim 1{,}28$fache desjenigen für 1600 PS_i bei Sattdampf. Die Kohlenersparnis beträgt 35,5 vH, ein Wert, den man größtenteils allein schon der Wirkung der Überhitzung zuschreiben kann.

Bei der nachfolgenden Vergleichsrechnung mit der v. Borriesschen Anstrengungsziffer β ist wiederum ganz vergessen worden, daß sich bei $\beta = 13$ um Heißdampfverbund mit Auspuff handelt, wodurch also gerade nachgewiesen würde, daß die Leistung auch ohne Kondensation nur durch Überhitzung erzielt wird. Aber diese, übrigens für Heißdampf von Lotter, nicht von v. Borries, stammenden β-Werte sind für Heißdampfverbund zu vorteilhaft und lassen überdies auf den Brennstoffverbrauch nur schwer Rückschlüsse zu. Für die im nächsten Abschnitt nochmals vorgenommene Berechnung der Zuglast aus der Anfahrbeschleunigung gilt das oben Gesagte. Über die Kühlwassermengen und die Verdunstung ist schon gesprochen worden. Ein Irrtum ist es ferner, den Fahrwind von 25 m/s als wesentliche Hilfe einzusetzen. Es ist nur zu einem geringen Teil möglich, ihn in die Kühlelemente hineinzubringen, und gerade die Luftventilatoren bilden den größten Passivposten der Hilfsmaschinerie.

Zu Abb. 17 ist in konstruktiver Hinsicht zu sagen, daß die vierte Kuppelachse eine unmögliche Lage zum Rost hat, und daß bei 86,5 t Dienstgewicht wohl schwerlich ein Kessel von 285 m² Heizfläche nebst Überhitzer unterzubringen ist.

Nach allem gelangt man zu dem Ergebnis, daß die Ausführungen an dem ablehnenden Standpunkt der Lokomotivfachwelt gegenüber Kondensation bei Kolbendampflokomotiven nichts zu ändern vermögen. Dipl.-Ing. Fürstenberg.

Erwiderung.

Aus dem Untertitel meines Aufsatzes: „Studie nach den Grundsätzen des ortfesten Dampfmaschinenbaues" geht hervor, daß ich dem heute vor neuen Aufgaben stehenden Lokomotivbau nur An-

regungen zur näheren Untersuchung der mit Kolbendampfmaschinen betriebenen Lokomotive geben wollte, wobei als einwandfrei erkannte Ergebnisse des ortfesten Dampfmaschinenbaues grundlegend vorausgesetzt wurden. Weil diese neueren Ergebnisse verhältnismäßig günstig sind, müßte meines Erachtens der Lokomotivbau sie zu verwirklichen suchen, allerdings unter Anwendung neuer Mittel.

Die Möglichkeit ihrer Verwirklichung im Lokomotivbau sowohl bei der Maschine mit einfacher als auch mit zweistufiger Dampfdehnung, in beiden Fällen durch die Kondensation, wurde deshalb auch auf dem im Lokomotivbau weniger üblichen Weg, nämlich an der Hand von Dampfdiagrammen, untersucht. Diese Diagrame sind unter verschiedenen Voraussetzungen entworfen. Pressungsweg und schädlicher Raum sind möglichst angepaßt. Parallel laufende Zahlenbeispiele, bemessen an den im Lokomotivbau üblichen Formeln, sollten die Diagrammergebnisse stützen. Wenn dabei einiges nicht völlig einwandfrei erscheint, so ist damit nur bewiesen, daß Neuerungen eben neue Grundlagen bedingen.

Daß die Verwirklichung der aus den Diagrammentwürfen gezogenen Folgerungen eine völlige Umänderung, eine Trennung der im Lokomotivbau bisher angewandten Steuerungen bedingen muß, habe ich nicht nur in den Dampfdiagrammen selbst, besonders deutlich im Zeunerdiagramm, Abb. 5, zum Ausdruck gebracht.

Wenn man berücksichtigt, daß die sogenannte Gleichstrom-Dampfmaschine des ortfesten Dampfmaschinenbaues, selbst bei hohen Umlaufzahlen, noch schädliche Räume unter 2 vH zuläßt, daß dabei der Verdichtungsweg über 80 vH beträgt, also die gewünschte Pressungsendspannung noch übertrifft, so ist nicht zu zweifeln, daß sich bei bereits bekannten ähnlichen Steuerungen die für Lokomotiven notwendigen Verhältnisse finden, um so weniger als sich bereits die Steuerung der sogenannten Gleichstrommaschine Eingang verschafft hat. Dabei bleibt es dahingestellt, ob die verlangte hohe Pressungsendspannung wirklich notwendig ist; die Verbundmaschinen ergeben jedenfalls im Niederdruckzylinder nur minder hohe Endspannungen.

Das Nachstellen der Lager und das Spiel der Achsen verbieten einen schädlichen Raum von ungefähr 8½ vH kaum. Auch im ortfesten Maschinenbau werden die Lager nachgestellt, und das Federspiel in bezug auf den Kolbenhub läßt wohl den bei ortfesten Dampfzylindern zwischen Kolben und Deckeln üblichen Spielraum von 3 bis 5 mm noch zu. Allerdings müssen die Innensteuerungen, die den schädlichen Raum bedingenden Dampfverteilorgane, wie auch die Außensteuerung getrennt werden.

Herr Dipl.-Ing. Fürstenberg berechnet den spezifischen Dampfverbrauch nach Schüle. Obwohl auf dem Dampfdiagramm aufgebaut, erhält man nach Schüle letzten Endes einen theoretischen Wert, wie der dem J-S-Diagramm entnommene. Um den wirklichen spezifischen Dampfverbrauch zu erhalten, muß also mit einem Festwert multipliziert werden, wie in meinen Ausführungen gezeigt wurde. Dieser notwendige Faktor kann aber genau nur durch Versuche bestimmt werden. Für die vorgenommenen Untersuchungen bleibt er unbekannt. Es war somit notwendig, zum Hrabakschen Verfahren zurückzugreifen und die ermittelten Sattdampfwerte für Heißdampf umzurechnen.

Ob die von mir aufgestellte und benutzte Umrechnungsweise zur Berechnung des Heißdampfverbrauches aus dem Sattdampfverbrauch streng wissenschaftlich ist, mag dahingestellt sein. Jedenfalls sind die an Hand dieser Berechnungsweise festgestellten spezifischen Dampfverbrauchszahlen für Heißdampf genügend genau, um für schärfste Gewährleistungen dienen zu können.

Mit Absicht wurden die beiden am weitesten auseinanderliegenden Beispiele, also die Grenzfälle, die ältere Sattdampflokomotive und die anzustrebende Heißdampf-Verbundlokomotive mit Kondensationen, vergleichend einander gegenübergestellt.

Diese beiden Fälle umrahmen alle vorkommenden Ausführungsmöglichkeiten. Sie enthalten also auch den Vergleich zwischen der heute üblichen Bauweise, der Heißdampf-Verbundlokomotive mit Auspuff und der Kondensationsmaschine. Die in Betracht kommenden Angaben für die spezifischen Dampfverbrauchsziffern finden sich in der Zahlentafel II.

Auch die scheinbar ungünstige Höhe der Kondensatorluftleere ist begründet. Oberflächenkondensator, Rückkühlanlage, Hilfsmaschinen, Rohrleitungen usw. werden weniger umfangreich, während der spezifische Dampfverbrauch noch wirtschaftlich gering genug ist.

Ebenso ist die mit 285 m² angegebene Kesselheizfläche für die Sattdampferzeugung eine Annahme. Mit Berücksichtigung ortfester Anlagen sollte der Nachweis erbracht werden, daß für die beiden Endfälle bei gleicher Sattdampferzeugung die doppelte Maschinenleistung bei Überhitzung und Kondensation aus dem Kessel herausgeholt werden kann.

Nur die äußere Form der österreichischen 1 C 2 wurde in der Zusammenstellungszeichnung, Abb. 15 und 16, wiedergegeben, und zwar deshalb, weil diese Bauform bildlich einfach den Ersatz der beiden Kesseltragachsen durch eine Triebachse zuläßt. Wie diese Abänderung und die Anordnung der Achsen in bezug auf die Kessellage praktisch durchgeführt wird, erscheint unter Berücksichtigung der eingangs erwähnten Umstände nebensächlich.

Die Umbildung des bisherigen Schlepptenders in ein treibendes Fahrzeug ist in der Ausnutzung des Gewichts der Tenderkondensationsanlage begründet. Im „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens" Bd. ?? (1924) S. 24 bespricht Herr Reg.-Bauart Wagner diese Bauart: Abdampftriebtender bei Kolbenlokomotiven", ebenfalls.

Eine Überschlagrechnung ergibt, daß ein Kessel von 285 m² Heizfläche untergebracht werden kann. Einer etwa notwendig werdenden größeren Achsbelastung steht übrigens nichts im Wege. Alle mit der Größe der Kesselheizfläche in Verbindung gebrachten Beanstandungen bedürfen somit keiner Richtigstellung.

Wie aus meinen Ausführungen auf S. 1003 hervorgeht, ist nicht nur der Dampfaufwand für die Hilfsdampfmaschine angegeben, auch die ungefähren Abmessungen der Hilfsmaschinen finden sich dort. Allerdings sind auch hier wiederum die im ortfesten Dampfmaschinenbau üblichen Zuschläge vorgesehen, die der Sicherheit wegen um über das Doppelte erhöht wurden. Trotzdem beträgt der Mehraufwand für die Kondensationseinrichtung nicht einmal 5 vH der Gesamtmaschinenleistung. Wären tatsächlich ungefähr 17 vH notwendig, dann wäre auch der ortfesten Kondensationsdampfmaschine das Todesurteil gesprochen.

Die bisher bekannt gewordenen Kondensatoren und Rückkühlanlagen der verschiedenen Turbinenlokomotiven können sicher noch wesentlich verbessert werden, wie die von Ramsay vorgeschlagene Einrichtung zeigt.

Jedenfalls steht fest, daß alle für die Turbinenlokomotive mit Kondensation in Anspruch genommenen Vorteile bei der Kolbenmaschinenlokomotive in höherem Maße vorhanden sein müssen, weil das Vakuum bei der Turbine vollkommener, somit der Aufwand für Kondensation und Rückkühlanlage größer sein muß.

Für die Feueranfachung würde selbstverständlich nur ein sehr geringer Bruchteil den Niederdruckzylindern entzogen und, auf Auspuffdruck vermindert, an Stelle der Ventilatoren verwendet werden. [D 922] K. Pfaff.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

NR. 12 SONNABEND, 21. MÄRZ 1925 BD. 69

Die Einheitsschlepper des staatlichen Schleppmonopols.

Von Regierungs- und Baurat Ebelt, Münster i. W.

(Hierzu Tafel 2).

Für die Schleppdampfer des staatlichen Schleppbetriebes auf den westlichen Wasserstraßen ist eine Einheitsbauart, ein Einheitsschlepper, geschaffen worden, der auch für spätere Neubeschaffungen maßgebend sein soll. Bei diesem Einheitsschlepper sind an Schiff, Maschine und Kessel wichtige technische Neuerungen angewendet worden, die die Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Schlepper über das bei solchen Schiffen bisher übliche Maß hinausheben.

Durch Einführung des staatlichen Schleppmonopols auf den westlichen Wasserstraßen wurde die Beschaffung einer größeren Anzahl staatseigener Kanalschleppdampfer erforderlich. Im Jahre 1913 wurden zunächst 49 Schlepper in Auftrag gegeben und kurz vor Ausbruch des Krieges fertiggestellt. Diese ersten Dampfer waren von verschiedenster Bauart, damit im praktischen Betriebe festgestellt werden konnte, welche Bauart sich am besten eignete. Es befanden sich unter diesen Schleppern Schiffe mit gewöhnlichem Einruder, mit Doppelruder, mit Einruder und Sohlenschutzplatte, ein Schiff mit Doppelschrauben und ferner drei Motorschlepper. Maschinen- und Kesselanlagen waren ebenfalls von den einzelnen Bauwerften in der verschiedensten Weise ausgeführt.

Abb. 1 bis 8. Hauptspant des Einheitsschleppers mit Befestigungsteilen und Speigatten.

Es zeigte sich bald, daß bei dem im Laufe des Krieges gewaltig anwachsenden Verkehr auf den Wasserstraßen die Zahl der gebauten Schlepper nicht genügte. Da Neubauten infolge der Kriegsverhältnisse nicht möglich waren, mußten alte Dampfer angekauft werden. Damit traten die Mängel, die sich bereits infolge der vielartigen Dampferbauarten im Betriebe gezeigt hatten, schärfer hervor. Die Verschiedenheit der Schiffsformen, Maschinen- und Kesselanlagen erschwerte und verteuerte die Betriebs- und Unterhaltungsarbeiten. Der notwendige Vorrat an Aushilfs- und Ersatzteilen jeder Art fing an bis zur Unübersichtlichkeit anzuschwellen. Diese Umstände drängten dahin, eine einheitliche Bauart zu schaffen, einen Einheitsschlepper, dessen Entwurf in der Kanalbaudirektion Essen auf Grund der vorliegenden Betriebserfahrungen hergestellt wurde.

Der Schiffskörper.

Die Hauptabmessungen des Einheitsschleppers betragen:

21,00 m Länge über Deck,
19,68 „ Länge zwischen den Loten,
5,20 „ Breite auf Spanten,
2,31 „ Seitenhöhe und
1,80 „ Tiefgang.

Die Form und die Baustoffdicken des Schiffskörpers gehen aus Abb. 1 bis 8 hervor. Die Raumeinteilung und die innere Einrichtung ist in Abb. 9 bis 14, Tafel 2, dargestellt.

Die Schiffsform und die Baustoffdicken lassen erkennen, daß auf eine gute Fähigkeit der Dampfer zum Eisbrechen großer Wert gelegt ist.

Auffällig erscheint das abgedeckte, etwas ausgewölbte Heck, Abb. 9 und 14, die Lagerung und Anordnung der Schiffsschraube und das nur bis wenig unter Schraubenwellenmitte herunterreichende Mittelruder.

Die Heckform ist auf Grund von praktischen Erfahrungen und eingehenden Versuchen in der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin festgestellt worden. Die Versuche haben gezeigt, daß die arbeitende Schiffsschraube bei dem gewöhnlichen hochgezogenen Heck Luft in großen Mengen von der Wasseroberfläche her ansaugt, so daß sich die Flügel der Schraube gewissermaßen mit einem Luftpolster umgeben. Das tritt in besonders starkem Maß ein, wenn die Eigengeschwindigkeit des Schiffes wie beim Kanalschlepper sehr gering ist, da die geringe Wasserströmung infolge der kleinen Fahrtgeschwindigkeit die Bildung und Festsetzung der Luftpolster begünstigt.

Diese angesaugten Luftmengen bedeuten, da sie den Druck des Schraubenflügels gegen das Wasser abdämpfen, einen empfindlichen Verlust an Schleppkraft, wie durch Messungen festgestellt wurde. Das Ansaugen von Luft läßt sich verhindern, wenn die Wasserfläche über der Schraube durch das Heck abgedeckt wird. Bedingung ist jedoch dabei, daß die Abdeckung etwa in den aus Abb. 9 und 14 hervorgehenden Verhältnissen nach hinten durchgeführt wird.

Weitere Versuche haben die Erfahrungen der Praxis darin bestätigt, daß zu einem guten Schraubenwirkungsgrad bei Schleppern in erster Linie ein möglichst großer Schraubendurchmesser beiträgt. Der Schraubendurchmesser wird begrenzt durch die mit Rücksicht auf die Schonung der Kanalsohle erlassene Bestimmung, daß die Unterkante der Schraube nicht tiefer als 1,75 m tauchen darf. Anderseits ist zu beachten, daß der Wirkungsgrad, je höher die Schraube an die Wasseroberfläche reicht, wieder abnimmt, da die Schraube dann immer weniger auf „festes" Wasser arbeitet. Aus dem Abwägen dieser Forderungen ergab sich der günstigste Schraubendurchmesser zu 1650 mm. Es wurde erforderlich, das Heck über der Schraube etwas auszuwölben, um Platz für die Schraube zu schaffen. Die Auswölbung mußte nach hinten unter die Wasseroberfläche heruntergezogen werden, da eine hinten offene, tunnelartige Gestaltung des Schiffskörpers wieder ein Luftansaugen durch die Schraube gestattet hätte.

Die gewählte Lage und Anordnung der Schraube in einem gewissen Abstande vom Schraubensteven war durch die vorgesehene Haßsche Leitschraube[1]) bedingt. Die Leitschraube veranlaßt, daß das Wasser der Schraube mit einer gewissen Drehung zugeführt wird, daher stoßfrei in die Laufschraube ein- und in axialer Richtung aus der Schraube austritt. Dadurch wird nach den angestellten eingehenden Versuchen der Wirkungsgrad der Schraube und die Zugleistung des Schleppers um etwa 10 bis 12 vH erhöht.

Es ist durch alle diese Maßnahmen gelungen, bei dem Einheitsschlepper eine sehr hohe Zugleistung für die indizierte Pferdekraft zu erreichen. Die Abnahmeversuche haben ergeben, daß im Mittel 16,5 kg/PS_i Zugleistung beim fest vertauten Schlepper erreicht werden, während bei einem gewöhnlichen Schlepper nur mit etwa 12 kg zu rechnen ist.

Ferner ist anzunehmen, daß durch die Zusammenfassung und durch den axialen Austritt des Wassers aus der Schraube die Kanalsohle vor Aufwühlung geschützt wird.

Dem gleichen Zweck des Schutzes der Kanalsohle vor Aufwühlung dient das flache Mittelruder, das die Einheitsschlepper erhalten haben. Das Ruderblatt endet kurz unter der Mitte der Schraubenwelle, Abb. 9. Die in der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin von Gebers aufgestellte Theorie geht davon aus, daß die beobachteten Ausspülungen der Kanalsohle durch den von der Schlepperschraube spiralförmig nach hinten fortgeschleuderten Wasserkegel hervorgerufen werden. Die eigentliche Ursache der Zerstörungen sei jedoch das im Schraubenwasser stehende Ruderblatt, das den an und für sich ziemlich unschädlichen Spiralwirbel nach unten, also nach der Kanalsohle zu ablenke und somit die Angriffe der Kanalsohle hervorrufe.

Die Weiterverfolgung dieses Gedankens ließ den Schluß aufkommen, daß für die Ablenkung des Wasserwirbels nach der Kanalsohle hin naturgemäß nur der untere Teil des Ruderblattes in Betracht kommen kann; denn nur dieser Teil kann die nach unten drehenden Wasserfäden des Spiralwirbels nach der Kanalsohle zu ablenken. Entfernt man die untere Hälfte des Ruderblattes, so muß die Ursache der Ablenkung aufhören und der Wasserwirbel muß genau so unschädlich werden, als wenn gar kein Ruderblatt vorhanden wäre. Die Richtigkeit dieser Überlegung wurde in eingehenden Versuchen in der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau und auch in praktischen Versuchen im Stadthafen Meppen des Dortmund-Ems-Kanals festgestellt. Befürchtungen, daß die Steuerfähigkeit der Dampfer bei diesem Ruder nicht genügend sei, haben sich nicht bewahrheitet. Die Schiffe haben eine für den Kanalbetrieb vollkommen ausreichende Steuerfähigkeit.

Bei der Ruderleitung ist von der sonst allgemein üblichen Übertragung der Steuerkraft vom Steuerrad auf das Ruder durch Ketten und Stangen Abstand genommen worden. Diese Anordnung hat den Nachteil, daß beim Manövrieren, und zwar insbesondere bei Rückwärtsfahrt, zur Bewegung oder zum Halten des Ruders bedeutende Kräfte erforderlich sind. Ferner hat das Reißen der Kette oder Festklemmen der Übertragungsleitung schon wiederholt teilweise schwere Schäden veranlaßt.

Bei dem Einheitsschlepper wird daher die Steuerkraft durch eine unter Deck in Kugellagern laufende Wellenleitung übertragen, die vom Ruderrad durch Kettenrad und Gallsche Kette unmittelbar angetrieben wird. Kegelräder übertragen die Bewegung auf eine Querwelle mit Schnecke, die in die Schneckenradverzahnung des auf das Ruder aufgesetzten Ruderquadranten eingreift, Abb. 10. Die Handhabung ist spielend leicht, der Schneckenantrieb selbsthemmend, so daß das Ruder auch bei Rückwärtsfahrt stets sicher in der Hand des Rudergängers liegt. Die leicht auswechselbare Schelle, die den Ruderquadranten auf dem Ruderpfosten festhält, ist absichtlich etwas schwächer als alle andern Konstruktionsteile des Ruders gehalten und dient als Bruchsicherung, wenn das Ruder gewaltsam gegen festen Widerstand stößt. Auch hat es sich als zweckmäßig erwiesen, zum Auffangen plötzlicher Stöße den Ruderquadranten federnd zu gestalten.

Bei der Durchbildung des Schiffskörpers ist durchweg auf möglichste Herabminderung der laufenden Unter-

[1]) Z. Bd. 60 (1916) S. 526, „Werft-Reederei-Hafen" Bd. 4 (1923) Heft 10.

Abb. 15 bis 18. Antriebmaschine des Einheitsschleppers.

HDZ 270 mm Dmr., *NDZ* 480 mm Dmr., Hub 350 mm,
Luftpumpe: Zyl.-Dmr. 210 mm
Umlaufpumpe: „ 150 „ } Hub 150 mm,
Speisepumpe: „ 45 „
Kondensatorkühlfläche 22 m², N_e = 150 PS, Kesseldruck 10,5 at, 170 Uml./min.

t Schmierung.

Abb. 23. Druck- und Lauflager,
sgeführt als Kugel- und Rollenlager.

Ebelt:

Die Einheitsschlepper des staatlichen Schleppmonopols.

haltungs- und Instandsetzungsarbeiten Bedacht genommen. Holzteile, die dauernd Anstrich und Unterhaltungsarbeiten erfordern, sind daher am Deck gänzlich vermieden worden. Steuerhaus und Aufbauten bestehen aus Eisen, u. zw. Türen, Oberlichtdeckel und dergl. aus gepreßtem Blech. Sämtliche Beschläge der Türen, Lukendeckel usw. sind sorgfältig befestigt und sehr kräftig ausgeführt.

Bei den Wohnräumen ist Wert auf gesunde und luftige Anordnung gelegt. Schiffsführer und Maschinist haben je eine Kammer im Vorderschiff. Insbesondere ist auch der Mannschaftsraum im Hinterschiff, der sonst vernachlässigt zu werden pflegt, wohnlich ausgestattet. Sämtliche Räume sind mit bequemen Sitzgelegenheiten nach Art der Sitze in der 3. Eisenbahnklasse ausgestattet.

Zum Heizen dient eine Niederdruck-Warmwasseranlage, die aus einem mit Kesseldampf betriebenen Gegenstromheizkessel von 0,25 m² Heizfläche gespeist wird. Die Heizung wird, wenn der Schiffskessel außer Betrieb ist, durch einen besonderen Kleinkessel aufrechterhalten, der im Maschinenraum hinter den Kohlenbunkern aufgestellt ist.

Auch sonst ist alles geschehen, damit sich die Besatzung an Bord wohl fühlt und in den Feierstunden in ihren Wohnräumen einen gemütlichen Aufenhalt findet. Unnötiger Aufwand ist überall vermieden.

Maschinen und Wellenleitung.

Die Hauptmaschine ist eine zweizylindrige Verbund-Heißdampfmaschine mit Oberflächenkondensation von folgenden Hauptabmessungen und Leistungen:

Hochdruckzylinder	270 mm Dmr.
Niederdruckzylinder	480 „ „
Kolbenhub	350 „ „

Leistung	bei	55 vH	Füllung	und	170	Uml./min	150 PS_i
„	„	70 „	„	„	170	„	190 „
„	„	70 „	„	„	205	„	225 „

Die Gesamtanordnung der Maschine und der Wellenleitung ist aus Abb. 15 bis 18 und 22 bis 26, Tafel 2, ersichtlich.

Der Zweifach-Verbundmaschine wurde der Vorzug vor der Dreifach-Verbundmaschine gegeben wegen der geringeren Beschaffungs- und Unterhaltungskosten, ferner auch, weil die kürzere Bauart ein billigeres Schiff ermöglichte.

Die Maschine erhielt Oberflächenkondensation mit Rücksicht auf die Beschaffenheit des Kanalwassers. Dieses Wasser kommt zum größten Teil aus der Lippe, die salzhaltig ist, und greift erfahrungsgemäß den Kessel stark an. Die Schiffe sind daher auch mit Wassertanks versehen, in denen geeignetes Speisewasser zum Ersatz des auch bei Oberflächenkondensation verlorengehenden Wassers mitgeführt wird. Bei dem Bau der Maschine ist auf ihre Eigenart als Einheitsmaschine der größte Wert gelegt. Alle wichtigen, dem Verschleiß ausgesetzten Maschinenteile sind in genauem Austauschbau nach Lehren bearbeitet, so daß Ersatzteile jederzeit schnell herbeigeschafft und ausgewechselt werden können. Die Zahl der notwendigen Ersatzteile ist auf ein Mindestmaß beschränkt worden dadurch, daß gleichartige Maschinenteile, wie Zapfen, Lager, Büchsen usw., wenn irgend möglich, gleiche Abmessungen erhalten haben. So sind z. B. sämtliche Schnallenlager des Pumpenantriebgestänges, die Schieberstangenlager und ein Teil der Schnallenlager des Umsteuergestänges mit gleichen Abmessungen ausgeführt.

Die Maschine erhielt als einfache Hebelumsteuerung die Marshallsteuerung, weil diese leicht zu handhaben ist. Da Kanalschlepper besonders an den Schleusen und auch vor den Schleppzügen häufig manövrieren müssen, ist dieser Vorteil wesentlich. Die Marshallsteuerung ergibt auch geringere Beanspruchungen und Abnutzung des Gestänges als andere Steuerungen. Ein Nachteil, der große Exzenter, wird durch die geringere Exzenterabnutzung aufgewogen.

Der Hochdruckschieber ist ein Trickscher Kolbenschieber mit Inneneinströmung, der Niederdruckschieber ein gewöhnlicher Trickscher Flachschieber.

Die Kolben haben je zwei Kolbenringe erhalten, Abb. 19 bis 21. Jeder Ring besteht aus vier starren Teilen, die durch dichtende Federstopfen an den Stoßstellen gegen die Zylinderwände gepreßt werden. Die ungleiche Abnutzung der Zylinderwände durch die gewöhnlichen federnden Ringe fällt damit fort.

Die gleichen Abdichtungsringe hat auch der Kolbenschieber erhalten, womit die sonst dauernden Klagen über die Undichtheit der Kolbenschieber und die damit verbundenen empfindlichen Dampfverluste abgestellt sind. Zur Bildung des Trickkanals haben die einzelnen Segmente der entsprechenden Dichtungsringe einen Durchströmspalt erhalten.

Alle zu einem Zylinder mit Schieber gehörigen Entwässerungshähne sind durch ein Gestänge verbunden und werden von einem gemeinsamen Handhebel betätigt. Die gesamten Entwässerungshähne werden also durch nur zwei Handgriffe geöffnet und geschlossen, ein Vorteil, der von dem bedienenden Maschinisten als angenehm empfunden wird.

Bereits bei einigen der im Jahre 1914 gebauten ersten Dampfer war versuchsweise das Drucklager der Schraubenwelle durch ein als Lauf- und Drucklager ausgebildetes Kugellager ersetzt worden. Es wurden damit die besten Erfahrungen gemacht, auch fielen die fortwährenden Unterhaltungs- und Nachstellarbeiten der Drucklager fort. Ein Nachteil war, daß die Welle durch das sich nicht abnutzende Druckkugellager fest in ihrer Höhenlage gehalten wurde, während sich die Gleitlager der Hauptkurbelwelle mehr abnutzten. Es ergaben sich unerwünschte Betriebverhältnisse, die zu dem Versuch drängten, auch die Hauptgrundlager der Maschine als Kugellager auszubilden.

Die Ausführung bei einigen der zuerst gebauten Einheitsschlepper führte zu den günstigsten Ergebnissen. Da inzwischen auch der Bau der Rollenlager weiter entwickelt worden war und die Rolle noch mehr Sicherheit gegen Bruch bietet als die Kugel, ferner aber auch Rollenlager eine weniger sorgfältige Bearbeitung der Lagergehäuse in

Abb. 19 bis 21. Hochdruckkolben.

der Grundplatte der Maschine erfordern, hat die letzte Reihe von fünfzehn Einheitsschleppern als Grund- und Wellenlager Rollenlager erhalten, Abb. 22, Tafel 2. Auch das Mittellager ist ein Rollenlager. Es ist so groß ausgeführt, daß es über die Kröpfungen der Kurbelwelle übergestreift werden kann. Die Rollen haben sich im Betrieb auf das beste bewährt. Störungen sind nicht eingetreten. Die Lager laufen sehr leicht, sind sehr sparsam im Ölverbrauch, fast keiner Abnutzung unterworfen und erfordern keine Unterhaltungsarbeiten.

Da auch das Drucklager der Schraubenwelle als vereinigtes Rollen- und Kugellager ausgeführt ist, und das Lauflager als Rollenlager, Abb. 23, Tafel 2, kann bei der praktisch nicht in Betracht kommenden geringfügigen Abnutzung der Rollen- und Kugellager ein schädliches Verlagern der Welle, wobei Welle und Gestänge aus dem Winkel kommen, nicht mehr eintreten. Damit entfallen auch die durch das Verlagern der Kurbelwelle herbeigeführten Folgen, wie schnelle Abnutzung des Kurbel- und Schiebergestänges oder sogar Heißlaufen der Lager.

Die in den Rollenlagern gebetteten Wellen werden voraussichtlich viele Jahre laufen, ehe ein kostspieliges Ab- und Einbauen der Wellenleitung notwendig werden wird, so daß die Rollenlager eine wesentliche Ersparnis an Unterhaltungskosten und eine erhebliche Einschränkung der Stillliegetage an den Ausbesserwerkstätten bedeuten.

Auf sparsame, sichere Schmierung ist großer Wert gelegt. Hierzu dienen zwei Boschöler, die vom Pumpengestänge angetrieben werden. Die Anordnung ist so getroffen, daß nur die hauptsächlichsten Schmierstellen, wie Pleuellager, Exzenter usw., Frischöl erhalten. Die Rollen- und Kugellager, die Dauerschmierung haben, kommen dabei nicht in Betracht. Alle übrigen Schmierstellen erhalten gebrauchtes, wieder gereinigtes Öl. Zur Wiedergewinnung des Öls hat das Kurbelgehäuse angegossene, geschlossene Kurbelmulden erhalten. Das von der Maschine abspritzende Öl und Wasser fließt aus den Kurbelmulden in einen Tank, der in die Bilge eingebaut ist. Aus dem Tank wird das oben schwimmende Öl abgepumpt, in einem kleinen mitgeführten Ölfilter gereinigt und dann zur Wiederverwendung bei den weniger wichtigen Schmierstellen dem zweiten Boschöler zugeführt. Auch aus dem Abdampfentöler wird durch eine selbsttätig arbeitende Vorrichtung das niedergeschlagene Öl wiedergewonnen. Es ergibt sich durch diese Anordnung eine beträchtliche Ölersparnis, die die Mehrkosten des Boschölers und der Reinigung reichlich aufwiegt.

Von dem zweiten Boschöler, der das wiedergewonnene Öl verarbeitet, wird auch die hintere Lagerung des Stevenrohres geschmiert,, Abb. 24 bis 26, das dafür in besonderer Weise durchgebildet ist. Der Erfolg dieser Maßnahme war über Erwarten gut, da sich an den geschmierten Stevenrohrlagerungen selbst nach jahrelangem Betrieb nur unbeträchtliche Abnutzungen zeigen. Das sehr kostspielige und sonst häufige Ausbüchsen der Stevenrohrlagerung braucht daher nur selten vorgenommen zu werden. Auch konnte auf eine besondere Stevenrohrabdichtung als überflüssig und teuer verzichtet werden.

Da die Maschine Oberflächenkondensation hat, ist mit Rücksicht auf den Kessel für eine möglichst gute Entölung des Speisewasers in doppelter Weise gesorgt.

Zunächst geht der Abdampf durch einen Abdampfentöler, der zwischen dem Dampfaustritt am ND-Zylinder und dem Kondensator eingeschaltet ist. Der Entöler enthält innen zwei Querwände aus gelochten Eisenblechen, zwischen denen Raschiggringe eingeschüttet sind. Das sich niederschlagende Ölwassergemisch sammelt sich in einem unten am Entöler angegossenen Sammeltopf und fließt unter freiem Gefäll in einen luftleeren Ölschlammkasten, der unmittelbar darunter aufgestellt ist. In diesem Schlammkasten scheidet sich der größte Teil des Öles zur Wiedergewinnung ab, während das Wasser in den Kondensator fließt.

Ferner wird das Speisewasser entölt. Das von der Luftpumpe geförderte Kondensat fließt einem Speisewasserentöler zu, in dem das Speisewasser durch Koks und Schwämme oder dergleichen entölt wird. Neu ist an dem Entöler, daß er nur mittels Klappdeckel verschlossen, daher stets leicht zugänglich ist und daß man das Filtermaterial, ohne es herauszunehmen, durch Auskochen mittels Dampfes reinigen kann. Dieser Speisewasserentöler ist daher bei den Maschinisten beliebt und wird auch gern in Ordnung gehalten, was von den meisten, sonst gebräuchlichen Speisewasserentölern nicht gesagt werden kann, deren Reinigung daher vielfach vernachlässigt wird. Aus Speisewasserentölern können dann Speisewasseröler werden, und schwere Kesselschäden, eingebeulte Flammrohre und dergleichen sind die Folgen.

Ein Vorwärmer für das Kesselspeisewasser ist vorhanden.

Abb. 27 und **28.** Dampfkessel.
$H = 56{,}5$ m², $R = 1{,}6$ m², $p = 11$ at.

Der Kessel.

Der Kessel ist ein zylindrischer Schiffskessel mit rückkehrender Flamme und einem Flammrohr. Seine Hauptabmessungen betragen: 2500 mm Dmr., 2900 mm Länge, 56,5 m² Heizfläche, 1,6 m² Rostfläche und 21 m² Überhitzerfläche. Sonstige Einzelheiten gehen aus Abb. 27 und 28 hervor.

Der Kessel ist reichlich groß bemessen, wobei die Heizflächen möglichst wirtschaftlich untergebracht sind. Auf gute Zugänglichkeit des Kessels und bequeme Reinigungsmöglichkeit ist besonders bei der Anordnung der Rauchrohre die größte Sorgfalt gelegt. Diese Erwägungen waren mit ein Hauptgrund zur Wahl nur eines Flammrohres, sowie zur Ausführung der Feuerbüchsdecke ohne Deckenträger.

Auch von außen ist der Kessel gut zugänglich. Zwischen Kessel und Kesselschott ist ein von Deck aus durch Einsteigeluken begehbarer Raum vorhanden.

Der Kessel hat oben vier Anker erhalten. Unten ist er durch zwei weitere Anker zwischen den Rohrwänden nochmals versteift, um Kessel- und Rohrlecken nach Möglichkeit zu verhindern.

Der Überhitzer ist ein Schmidtscher Rauchröhrenüberhitzer. Dampfverteil- und Dampfsammelkasten sind in einem Gußstück aus Stahlguß vereinigt. Ein großer Nachteil der Überhitzerbauarten bestand stets darin, daß bei Schadhaftwerden einer Überhitzerschlange das Auswechseln infolge der ungünstigen seitlichen Lage der Verschraubungen eine mühsame, zeitraubende Arbeit war, so daß es in solchen Fällen vorgezogen wurde, beschädigte Schlangen nicht mehr zu ersetzen.

Dieser Übelstand ist bei den Einheitsschleppern beseitigt, da die Anschlußverschraubungen der Überhitzerschlangen unmittelbar nach vorn gelegt sind, so daß es ohne große Mühe möglich ist, jede der 18 Rohrschlangen in kürzester Zeit auszuwechseln.

Um Kesselsteinbildung und Anfressung durch das Zusatzwasser zu verhüten, ist ein Kesselsteinabscheider, Abb. 29 bis 32, Bauart Hülsmeyer, vorgesehen, der in den Dampfdom als herausnehmbarer Einsatz eingebaut ist. Das Speisewasser wird von oben durch den Deckel in den Dom eingeführt und fließt über den Kesselsteinabscheider mit freiem Gefäll unten in den Kessel.

Schlamm und Kesselstein setzen sich in den Schalen des Kesselsteinreinigers fest, wo sie bei Kesselreinigungen nach Herausnehmen des Einsatzes leicht entfernt werden können. Die Kessel setzen daher keinen festen Kesselstein an. Meist ist nach längerer Betriebzeit unten im Kessel nur eine lose Schlammschicht vorhanden, die leicht durch Ausspülen entfernt werden kann. Das schädliche Abklopfen und Abhämmern des Kesselsteins ist fast nie mehr nötig. Der Kessel kann bequem an einem Tage gereinigt werden.

Ein fühlbarer, wirtschaftlicher Vorteil ergibt sich durch die Wirksamkeit des Kesselsteinabscheiders insofern, als die Reinigung des Kessels ganz wesentlich hinausgeschoben werden kann.

Abb. 29 bis 32. Kesselsteinabscheider.

Der Dampf wird aus dem Dampfraum des Kessels entnommen. Um die Rauchrohre auch mit Rücksicht auf die gute Reinhaltung der Überhitzerrohre schnell und bequem ausblasen zu können, sind in die Kesselrückwand zwei Dampfrußausbläser fest eingebaut. Die Rußausbläser werden vom Heizraum aus durch Handrad mittels Spindel- und Kettenübertragung betrieben.

Die Saugzuganlage.

Zur Verbesserung der Verbrennungsverhältnisse haben die Kessel der Schlepper eine Saugzuganlage erhalten. Diese Saugzuganlage bedeutet insbesondere für Dampfer auf den Binnenwasserstraßen eine bahnbrechende wirtschaftliche Neuerung, da sie eine bedeutende Steigerung der Maschinen- und Kesselleistungen bei großer Brennstoffersparnis ermöglicht. Die Saugzuganlage, Abb. 33 und 34, besteht aus einem Turbobläser der Firma Haß & Co., Bergedorf bei Hamburg, der in einen Tunnel zwischen Rauchkammer und Schornstein eingebaut ist. Der Turbobläser setzt sich im wesentlichen zusammen aus einer kleinen Dampfturbine und einem Schraubenlüfter, der in einem verengten Teile des Schornsteins umläuft. Die Dampfturbine ist zwischen Aufnehmer und Vorwärmer eingeschaltet und verbraucht nur geringe Dampfmengen, die als Abdampf noch im Vorwärmer nutzbar gemacht werden.

Über die Erwägungen, die zu der Anwendung der Saugzuganlagen geführt haben, und über die Ergebnisse

Abb. 33 und 34. Saugzuganlage.

a Druckleitung von der Speisepumpe zum Vorwärmer
b Vorwärmer
c Abdampf von der Turbine zum Vorwärmer
d Druckleitung vom Vorwärmer zum Kessel
e Dampf von 1,4 at für Saugzugturbine vom Aufnehmer.

der jahrelang durchgeführten Versuche ist bereits an andrer Stelle berichtet. Hier sei nochmals zusammengefaßt, daß der Saugzug zur Erhöhung des bei allen Schiffen kleinerer und mittlerer Abmessungen ganz ungenügenden Schornsteinzuges dient. Dieser ist infolge viel zu niedriger Anfangstemperatur im Feuer die Hauptursache einer den Reedern meistens gar nicht bekannten Unwirtschaftlichkeit im Schiffsfeuerungsbetrieb. Aus baulichen Gründen steht z. B. bei den Monopoldampfern nur eine Schornsteinhöhe von 8 bis 9 m zur Verfügung, die einen Schornsteinzug von nur etwa 3 mm W.-S. bedingt. Dazu kommt noch, daß die Schornsteine wegen der geringen Durchfahrthöhe der Kanalbrücken von 4 m häufig geklappt werden müssen. Es ist klar, daß ein derartig geringer Schornsteinzug, der bei Landanlagen gleicher Größe 10 bis 15 mm W.-S. beträgt, das Feuer nur schwach anfacht, und daher eine gute wirtschaftliche Ausnutzung sowohl der verbrannten Kohle als auch der Maschinen- und Kesselanlage verhindert. Durch den Saugzug wird der Schornsteinzug auf die normale Höhe von 8 bis 10 mm W.-S. gebracht. Der Erfolg ist, daß Maschine und Kessel, die sonst nur 135 bis 150 PS_i hergeben, jetzt ohne jegliche Anstrengung des Heizers mühelos dauernd auf 180 bis erheblich über 200 PS_i Leistung bei 70 vH Füllung des Hochdruckzylinders gehalten werden können, so daß die Schlepper anstatt 1500 bis 1700 t Anhang jetzt bei gleicher Schleppgeschwindigkeit von etwa 4,2 km/h 2200 bis 2500 t Anhang schleppen können. Mit dieser um 45 bis 50 vH höheren Leistung ist noch eine beträchtliche Kohlenersparnis von 13 bis 15 vH verbunden.

Die große Leistungserhöhung, die die Turbobläseranlage gestattet, gibt ein einfaches Mittel an die Hand, um entweder einen vorhandenen Dampfer leistungsfähiger zu machen, oder bei einem Neubau mit bestimmter Leistung ein bedeutend kleineres Schiff mit billigerer Maschinen- und Kesselanlage zu wählen.

Beschädigungen an den Kesseln infolge der Saugzuganlagen sind nicht eingetreten und auch keinesfalls zu befürchten, da es sich bei dem erhöhten Zug nicht um eine Überanstrengung der Kessel, sondern nur um eine Angleichung an die an Land üblichen Verhältnisse handelt.

Durch Einführung des Saugzuges fällt das lästige Umklappen der Schornsteine bei der Durchfahrt durch die vielen Kanalbrücken fort. Die Schornsteine sind als Teleskop-Schornsteine ausgeführt und werden durch eine Winde nach der niedrigsten Brückenhöhe eingestellt.

Die Wirtschaftlichkeit der Schlepper.

Durch die beschriebenen technischen Neuerungen der Einheitsdampfer wird der Schleppbetrieb im Vergleich mit dem anderer Dampfer wie folgt verbessert:

Die Leistungssteigerung des Dampfers infolge der Saugzuganlage ermöglicht eine weitgehende Ausnutzung der einzelnen Schleppkraft und eine bedeutende Steigerung der Schleppleistungen in Tonnenkilometern. Diese Mehrleistung ist je nach den Betriebsverhältnissen im Durchschnitt auf etwa 20 bis 30 vH zu veranschlagen. Die Kohlenersparnis, auf die geleisteten Tonnenkilometer berechnet, beträgt etwa 15 vH. Der größte Teil dieser Ersparnis ist durch die besseren Verbrennungsverhältnisse infolge des Saugzuges begründet. Der Rest entfällt auf den besseren Schleppwirkungsgrad der Schraube, hervorgerufen durch die Haßsche Leitschraube und die Heckform des Schiffes.

Die Ausbildung der Grundlager und des Drucklagers als Rollenlager und Kugellager, der Einbau der Boschöler, sowie die sorgfältigen Maßnahmen, die zum Auffangen und Wiedergewinnen des gebrauchten Schmieröles getroffen sind, führen zu einer beträchtlichen Ersparnis an Schmieröl, die etwa 50 vH des gewöhnlichen Verbrauchs beträgt.

Es wird ferner angenommen, daß durch die sorgsame bis ins einzelne gehende Durchbildung des Einheitsschleppers in allen seinen Teilen, die sich im besonderen auch auf die Beachtung späterer billigerer Ausbessermöglichkeiten erstreckte, sowie durch die einheitliche Ausführung einer großen Anzahl genau gleicher Dampfer beträchtliche Ersparnisse an Unterhaltungsarbeiten jeder Art erzielen lassen. Doch wird über die Größe dieser Ersparnisse erst ein jahrelanger Betrieb genaueren Aufschluß geben können.

Von diesem Einheitsschlepper wurde zuletzt eine Reihe von 15 Stück von den Deutschen Werken A.-G., Werft Kiel, gebaut. Die Schiffe sind einander genau gleich. Sämtliche Maschinenteile sind nach Schablonen und Lehren z. T. in Präzisionsarbeit hergestellt, so daß sie ohne weiteres gegeneinander von Schiff zu Schiff ausgewechselt werden können. Dadurch ergeben sich in Betrieb und Unterhaltung wesentliche Vorteile. Es ist z. B. möglich, Schiffe, die wegen eines einzelnen Schadens die Werft anlaufen, durch Ersatz der beschädigten Teile von einem anderen, etwa in längerer Ausbesserung an der Werft liegenden Dampfer sofort wieder in Betrieb zu setzen. Die Zahl der Ersatzteile kann daher sehr gering gehalten werden. [B 959]

Versuche über die Widerstandsfähigkeit und Formänderungen von Kesselböden.

Von C. Bach.

Die Versuche, über die im nachstehenden berichtet werden soll[1]), erstrecken sich auf

I. 6 Böden mit elliptischer Gestaltung,
II. 6 Böden der bisher üblichen Form,
III. 4 Böden der Form von Oberingenieur Klöpper.

Sie sind in der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule Stuttgart auf Kosten des Wasserrohrkessel-Verbandes durchgeführt worden. Der ausführliche Bericht darüber ist dem Bericht im Forschungsheft 270 als Anhang angeschlossen.

In den Abb. 1 und 2 sind die drei Bodenformen bei 15 mm bzw. 25 mm Wanddicke aufgezeichnet. Die Böden II zeichnen sich durch kleinen Halbmesser der Krempung aus, der ziemlich plötzlich in den mittleren Wölbungshalbmesser übergeht, während die Böden I weit größeren Krempungshalbmesser haben, der allmählich in den der mittleren Wölbung übergeht. Die Böden III bilden ein Mittelding zwischen den Böden I und II, liegen jedoch den letzteren näher. Der Durchmesser des Mantels, in den die Böden eingenietet wurden, betrug 1300 mm, und der Halbmesser der Wölbung in der Mitte der Böden sollte gleich rd. 1300 mm sein.

[1]) Dieser Bericht wird erstattet unter Bezugnahme auf die früheren Veröffentlichungen:
C. Bach: Versuche über die Formänderungen und die Anstrengung flacher Böden, Z. Bd. 41 (1897) S. 1157, 1191 u. 1218.
— Untersuchungen über die Formänderungen und die Anstrengung gewölbter Böden, Z. Bd. 43 (1899) S. 1585 u. f.
— Unfälle an Dampfgefäßen und die Beanspruchung der Zylinderwandungen solcher Gefäße auf Biegung durch die Flanschenverbindung, Z. d. Bayer. Revisionsvereins 1901 Nr. 1.
— Die Widerstandsfähigkeit kugelförmiger Wandungen gegenüber äußerem Überdruck, Z. Bd. 46 (1902) S. 333 u. f.
— Widerstandsfähigkeit der Böden von Flammrohrkesseln, Protokoll des Internationalen Verbandes der Dampfkessel-Überwachungsvereine, Zürich 1902, S. 48.
— Versuche mit gewölbten Flammrohrböden (erster Bericht im Protokoll der 33. Ingenieur- und Delegiertenversammlung des internationalen Verbandes der Dampfkessel-Überwachungsvereine 1904 in Barmen-Elberfeld), Forschungsarbeiten des V.d.I. 1908 Heft 51/52; Z. Bd. 52 (1908) S. 792 u. 1649.
C. Bach und R. Baumann: Die Grundlagen der deutschen Material- und Bauvorschriften für Dampfkessel, Berlin 1912.
C. Bach: Kurze Mitteilung über Versuche mit gewölbten Böden gegenüber innerem Überdruck aus neuester Zeit, Z. Bd. 67 (1923) S. 1113.

Die Böden I hat die Firma Borsigwerk A.-G. in Borsigwerk i. O.-S. geliefert; die Böden II und III hat die Firma Phoenix, Abt. Hoerder-Verein, gesandt.

Für diejenigen, die rasch einen Überblick über die hauptsächlichsten Ergebnisse gewinnen wollen, sei folgendes hervorgehoben: Die größte Beanspruchung tritt bei den Böden an der Krempung auf und bekundet sich hier deutlich durch Abspringen des Zunders; das ist das Zeichen dafür, daß hier die Streckgrenze erreicht und überschritten wird. Bei den Versuchen war dieses Zunderabspringen festzustellen unter dem Wasserdruck p_{max}, die im folgenden angegeben ist:

I. Elliptische Böden.

Wanddicke	p_{max}
15,6 mm	(42 + 43) : 2 = 42,5 at[2])
19,6 „	(66 + 62) : 2 = 64 „
24,9 „	mehr als 83 „

Der Druck konnte bei den Böden mit 24,9 mm Wanddicke nicht mehr gesteigert werden. Soweit aus dem Verhalten an einzelnen Stellen der Oberfläche der Krempung ein Schluß gezogen werden konnte, würde das Zunderabspringen bei etwa 90 at ausgeprägt eingetreten sein. Im späteren soll $p_{max} = 85$ at angenommen werden, um nicht zu günstige Widerstandsfähigkeit in Rechnung zu stellen.

II. Böden der gewöhnlichen Form.

Wanddicke	p_{max}
14,9 mm	(12 + 10) : 2 = 11 at
20,3 „	(24 + 23) : 2 = 23,5 „
24,4 „	(30 + 26) : 2 = 28 „

III. Klöpper-Böden.

Wanddicke	p_{max}
16,6	(28 + 27) : 2 = 27,5 at
25,7	(42 + 45) : 2 = 43,5 „

In Abb. 3 sind die Ergebnisse zeichnerisch dargestellt, derart, daß zu den Wandstärken als Abszissen die zugehörigen Wasserpressungen, unter denen die Streckgrenze überschritten wird, als Ordinaten aufgetragen sind. Man

[2]) Es wurden immer zwei Böden gleichzeitig untersucht.

Abb. 1. Verschiedene Bodenformen für 15 mm Blechdicke.

Abb. 2. Die gleichen Bodenformen wie in Abb. 1 für 25 mm Blechdicke.

Abb. 3. Wasserdrücke in Abhängigkeit von der Blechdicke bei den drei verschiedenen Bodenformen nach Abb. 1 und 2.

Abb. 4. Federnde Bewegungen der Bodenmitte in Abhängigkeit von der Blechdicke für Innendruck $p = 12$ at.

Abb. 5. Federnde Bewegungen der Bodenmitte in Abhängigkeit von der Blechdicke für Innendruck $p = 24$ at.

erkennt, wieviel die Kurve der Widerstandsfähigkeit der bisher üblichen Böden unter derjenigen der elliptischen Böden liegt, was ganz in Übereinstimmung mit dem steht, was ich durch frühere Versuche in bezug auf die überaus starke Inanspruchnahme der üblichen Böden vor einem Vierteljahrhundert festgestellt und seit jener Zeit oft wiederholt ausgesprochen habe[1]).

Die Widerstandsfähigkeit der elliptischen Böden beträgt, wenn in runden Zahlen gesprochen werden darf, rund das Drei- bis Vierfache der gewöhnlichen Böden. Diejenige der Klöpperschen Böden ist zwar höher als die der gewöhnlichen Böden, bleibt aber noch bedeutend unter derjenigen der elliptischen Böden.

Hinsichtlich des Abspringens von Zunder (Zeichen dafür, daß an dieser Stelle die Streckgrenze des Baustoffes überschritten wird) ist noch folgendes besonders bemerkenswert: Das Abspringen beginnt bei allen Böden in der Krempung. Im Falle der Böden II und III bleibt es auch bei weiterer Steigerung des inneren Druckes in der Hauptsache beim Zunderabspringen an der Krempung (vergl. Abb. 53, 54, 62 und 63 im Forschungsheft 270) und schreitet nur langsam nach der mittleren Wölbung hin fort. Bei den Böden I dagegen, bei denen das Zunderabspringen viel später beginnt, erstreckt es sich viel rascher auf breitere Zonen (vergl. Abb. 9, 50, 58 im Forschungsheft 270).

In bezug auf die Formänderungen ist zu beachten, daß, wie Abb. 4 und 5 erkennen lassen, die federnden (und damit auch die gesamten) Durchbiegungen in der Mitte der Wölbung bei den elliptischen Böden am geringsten und bei den Böden der bisher üblichen Form am größten sind. Wie zu erwarten, ergaben sie sich für die Klöpperschen Böden näher den letzteren liegend.

Bei dem Ganzen darf nicht übersehen werden, daß es sich um volle, nicht verankerte Böden ohne Ausschnitte handelt.

Was die Berechnung der eingenieteten Böden anbelangt, über die nach Abschluß der Beratungen des Deutschen Dampfkessel-Ausschusses zu berichten sein wird, so ist zur Beurteilung der Sicherheit, mit der sie erfolgen kann, selbst wenn die Aufgabe auf Grund der wissenschaftlichen Elastizitäts- und Festigkeitslehre in ausreichend einfacher Weise gelöst sein wird, folgendes im Auge zu behalten, was meinerseits zwar schon bei den Verhandlungen im Internationalen Verbande der Dampfkessel-Überwachungsvereine vor Jahrzehnten und später wiederholt ausgeführt worden ist, aber doch häufig nicht genügend erkannt und beachtet wird. Das betrifft die Rückwirkung der Verbindung der Bodenkrempe mit dem Zylindermantel.

Infolge der Einnietung des Bodens in den Zylindermantel können Spannungen von mehr oder minder großer Bedeutung in dem Boden entstehen, die unter sonst gleichen Verhältnissen um so größer sein werden, je weniger genau der Boden in den Zylinder paßt. Um das beispielsweise und ohne auf die Formänderung des Bodens unter Einwirkung des Betriebsdruckes einzugehen, zu erläutern, denken wir uns den äußeren Durchmesser des Bodens etwas kleiner als den inneren Durchmesser des Zylindermantels; dann müssen infolge des Einnietens Vorspannungen in dem Boden eintreten, die je nach den Umständen weit größer sein können als die Spannungen, die sich unter Einwirkung des Betriebsdruckes allein einstellen würden. Unter dem letzteren erweitert sich der Zylinder und nimmt die Bodenkrempe mit sich nach außen usw. Bei Böden, die nach Inbetriebnahme des Kessels wiederholt undicht werden und deshalb wiederholt verstemmt werden müssen, liegt die Vermutung nahe, daß ihr äußerer Durchmesser kleiner war als der innere Durchmesser des Zylindermantels.

Ähnlich vermögen sich Abweichungen von der genauen Kreisform sowie Temperaturänderungen geltend zu machen.

Auf diese Weise können Nietlöcher mit deformierter Leibung entstehen, von denen dann irrtümlicherweise vermutet worden ist, daß die Löcher aufgedornt oder gestanzt worden seien. [B 169]

[1]) Vergl. Z. Bd. 41 (1897) „Versuche über die Formänderungen und die Anstrengung flacher Böden“ und Z. Bd. 43 (1899) „Versuche über die Formänderungen und die Anstrengung gewölbter Böden“ usw.

Beschaffung von Werkzeugmaschinen.

Bei Beschaffung von Werkzeugmaschinen hat man, wie Dipl.-Ing. Kienzle in einem Vortrag auf der Betriebstechnischen Tagung der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure im V. d. I. in Verbindung mit der Maschinenschau G. m. b. H. in Leipzig vom 6. bis 8. März ausführte, zu unterscheiden zwischen Neuanschaffung, Erweiterung oder Erneuerung eines Maschinenparkes. Der heutige rasche Fortschritt zwingt häufig, Maschinen zu ersetzen, die noch nicht voll abgeschrieben sind. Die neuen Maschinen müssen dann so leistungsfähig sein, daß sie außer den Kosten ihrer Beschaffung auch die durch die Wegnahme der alten Maschine entstandenen Verluste decken.

Um die Frage beantworten zu können, ob man vielseitig verwendbare oder Sonderbauarten beschaffen soll, muß man wissen, wie stark die Sonderbauart ausgenutzt werden kann. Den Grad der Ausnutzung kann man erhöhen, indem man Lohnarbeiten für die Sondermaschine annimmt oder andre Teile oder Vorrichtungen so festlegt, daß sie die Sondermaschine ebenfalls beschäftigen. Wichtig ist, daß die Maschine alle Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe ergibt, die für die in Aussicht genommenen Werkzeuge (Stellitdrehstähle, Hartstahlfräser) und Werkstoffe (z. B. Leichtmetalle) nötig sind. Maschinen, die in den angegebenen Fällen ausreichend hohe Geschwindigkeiten und Leistungen erzielen, fehlen bis heute noch. Zur Prüfung der Wirtschaftlichkeit sind stets Schaulinien über Wirkungsgrade und Leistungen notwendig.

Während die Erfüllung dieser Bedingungen die Maschinenzeiten verkürzen soll, muß man beim Einkauf außerdem an die Verminderung der Dauer der Handarbeit denken. Man erreicht sie durch rascharbeitende und wenig ermüdende Aufspann-, Anstell- und Abspannvorrichtungen, wobei Druckluft als wichtiges Hilfsmittel benutzt werden kann. In gleichem Sinne wirken Schnellverstellungen.

Jeder Käufer soll über die Genauigkeit der Maschine einen Prüfschein verlangen. Außerordentlich wichtig für den Betrieb ist, daß die Normen für Werkzeug- und Spannmittelanschlüsse berücksichtigt sind. Keine Werkzeugmaschine sollte gekauft werden, die diese Forderung nicht erfüllt. In Deutschland werden jährlich 120 000 Werkzeugmaschinen im Werte von 250 000 000 ℳ gekauft. Die Höhe dieser Summe dürfte es rechtfertigen, daß man überall auf wirtschaftlichen Einkauf von Werkzeugmaschinen bedacht ist, und zwar durch einen besonders geeigneten Fachmann. [N 313] Stz.

Der Automobilbau als Bedarfsindustrie.

Von Prof. Dr.-Ing. G. Becker, Charlottenburg.

Der Vortrag in der Hauptversammlung der Automobiltechnischen Gesellschaft, Berlin, behandelt den Bedarf Deutschlands an Automobilen und die technischen Mittel, um diesen Bedarf zu erträglichen Preisen durch inländische Erzeugung zu decken — Umfang des Bedarfes — Aufwand an Baustoffen und an Arbeit — Gemeinschaftsarbeit — Konstruktion — Normung — Typenwahl — Fahrtechnische Werte — Verwendung von Leichtmetall — Kolbenspiel — Automobilsteuer.

Die deutsche Automobilindustrie steht gegenwärtig vor einer ungewöhnlichen Aufgabe. Sie muß Fahrzeuge schaffen, die den wirtschaftlichen Bedürfnissen des Landes in Preis und Güte angemessen sind. Die Wirtschaft unseres Landes muß den Vorsprung des Auslandes einholen und braucht dazu ein sehr leistungsfähiges Verkehrswesen. Dieses ist aber ohne das Kraftfahrzeug undenkbar. Eisenbahnen und Schiffe sind wegen ihrer starren Linienführung an Sammelstellen gebunden und brauchen besondere Hilfsmittel, welche Menschen und Güter den Hauptverkehrsadern zu bringen und von dort aus verteilen. Die ungeheure Kleinarbeit im Verkehrswesen kann nur das Kraftfahrzeug leisten. Es ist anpaßfähig, rasch und an keine starre Linienführung gebunden. Die einzige Voraussetzung für den Verkehr der Kraftfahrzeuge ist das ursprünglichste Bindeglied menschlicher Siedlungen, die Straße.

Alle Maßnahmen, welche die Deckung des inländischen Bedarfs an Kraftwagen erschweren, richten sich daher gegen das Wohl der Gesamtwirtschaft. Sind sie aus handelspolitischen oder sonstigen Gründen notwendig, so müssen sie wegen ihrer schädlichen inneren Wirkungen in milder Form und kurzfristig zur Anwendung kommen.

Von welcher Seite man auch die Sachlage betrachtet, man kommt immer zu dem Schluß, daß Deutschland sich nicht in Jahren, sondern in Monaten eine eigene Automobilindustrie schaffen muß, die nach Menge und Güte den Bedarf seiner Wirtschaft zu volkswirtschaftlich erträglichen Preisen deckt.

Umfang des Bedarfes.

Diese Aufgabe erhält festere Umrisse durch einen Überblick über den Bedarf Deutschlands an Automobilen und über die volkswirtschaftlich tragbaren Preise für Automobile.

Aus der Fühlung mit dem englischen Wirtschaftsleben und der englischen Automobilindustrie habe ich die Überzeugung gewonnen, daß das englische Automobilwesen und die Entwicklung der englischen Automobilindustrie ausgezeichnete Wegweiser für die Lösung der gegenwärtigen automobiltechnischen Aufgaben in Deutschland sind. Dieselbe Aufgabe, die jetzt an uns herantritt, hat man in England vor rund zwei Jahren erwogen; denn damals waren die Lage der englischen Automobilindustrie gegenüber dem amerikanischen Wettbewerb, die Steuerbelastung des englischen Verkehrswesens, Teuerung und beschränkte Kaufkraft, knappe Einkommen der großen Masse der Bevölkerung, Arbeitslosigkeit usw. unsern heutigen Verhältnissen sehr ähnlich.

In England waren am 31. August 1924 zugelassen 473 528 Personenkraftwagen, 203 156 Lastkraftwagen, 94 153 Lohnfahrzeuge und 14 014 steuerfreie Wagen, hauptsächlich im Dienste der Behörden. In der Gesamtzahl von 1 312 357 waren auch Traktoren, Pflüge und Straßenlokomotiven eingeschlossen.

Vom 31. August 1923 bis 31. August 1924 betrug die Zunahme der Personenwagen 90 003, der Lohnfahrzeuge 8188, d. i. zusammen 98 191 oder rd. 100 000 Personenwagen. Die Zahl der Lastkraftwagen hatte um 29 793 zugenommen.

Am 1. Juli 1924 waren in Deutschland zugelassen 119 000 Personenkraftwagen, 56 203 Lastkraftwagen, 9333 Lohnwagen und 7426 Kraftwagen im Dienste der Behörden.

Vergleicht man die englischen und deutschen Zahlen miteinander, so sieht man, daß Deutschland an Personen- und Lastkraftwagen nur je ¼, an Lohnfahrzeugen nur je $^1/_{10}$ der englischen im Betrieb hat. Soll also das deutsche Automobilwesen auch nur dem englischen gleichwertig werden, so muß man 360 000 Personenwagen und 150 000 Lastwagen neu in Dienst stellen. Damit hätte man aber erst den Stand vom 31. August 1924 erreicht, und Deutschland wird schon wieder von der weiteren Entwicklung des Automobilwesens in England überflügelt.

Gegenwärtig können alle deutschen Fabriken im Jahr 40 000 bis 50 000 Wagen erzeugen. Setzt man 50 000 Wagen für dieses Jahr, 100 000 Wagen für das Jahr 1926 und 200 000 Wagen für das Jahr 1927 als Gesamtleistung der deutschen Fabriken an, so kommt man zu dem Ergebnis, daß Deutschlands Kraftfahrwesen den Stand des englischen vom 31. August 1924 erst Anfang 1928 erreicht haben würde.

Diese Zahlen gelten aber nur, wenn die Herstellungskosten dem volkswirtschaftlichen Wert des Automobiles angepaßt werden. Man rechnet im Auslande, daß sich die Leistung des einzelnen um mindestens 50 vH steigert, wenn er beruflich einen Kraftwagen benutzen kann. Das macht bei früher 6000 ℳ Einkommen 3000 ℳ jährlich mehr aus. Nehmen wir vierjährige Lebensdauer für einen Kraftwagen an, so stehen aus dem Mehreinkommen 12 000 ℳ für Anschaffung des Wagens, Instandhaltung, Betrieb usw. zur Verfügung. Ein Wagen, der 4000 ℳ kostet, wäre im vorliegenden Falle noch erschwinglich.

Es ist nützlich, Beispiele für die Preise der englischen Kraftfahrzeuge zu geben, die die englische Wirtschaft tragen kann. Diese Preise gelten für offene viersitzige Wagen. Die Firma Morris in Cowley, Oxford und Coventry deckt mit 40 000 bis 50 000 Wagen im Jahre ⅓ des englischen Bedarfs. Sie baut zwei Typen: „Cowley" mit 22 PS-Motor (4 Zyl. 69,5/102 mm, 1,55 l, 5,9 dtsch. St.-PS, 11,9 engl. St.-PS) kostet 195 £ = 3950 ℳ, „Oxford" mit 28 PS-Motor (4 Zyl. 75/102 mm, 1,805 l, 6,9 dtsch. St.-PS, 14 engl. St.-PS) kostet 285 £ = 5800 ℳ mit Vierradbremsen und Ballonreifen.

Demgegenüber kostet der in der Fordfabrik in Manchester zusammengebaute und den englischen Ansprüchen angepaßte Ford 140 £ = 2850 ℳ, der französische Citroen mit 11,4 engl. St.-PS und mit französischer Karosserie 225 £ = 4600 ℳ, mit englischer Karosserie 250 £ = rd. 5000 ℳ.

Die Standard Motors Co. in Coventry baut zwei Typen, und zwar von der kleineren 7000 und von der größeren 3500 Wagen im Jahr. Die Bauart von 11 engl. St.-PS oder 5,1 dtsch. St.-PS mit 22 PS-Motor, 4 Zyl. 68,3/90,5 mm, kostet 200 £ = rd. 4000 ℳ; die von 14 engl. St.-PS oder 7,4 dtsch. St.-PS mit 28 PS-Motor, 4 Zyl. 75/110 mm, kostet 355 £ = 7400 ℳ mit Vierradbremsen und Ballonreifen.

Ein Drittel aller englischen Personenwagen kostet demnach rd. 4000 ℳ. Die Wagen mittlerer Klasse mit ungefähr 30 PS Motorleistung finden mit 7000 bis 8000 ℳ leichten Absatz. Amerikanische Wagen mittlerer Klasse kosten in England 7500 bis 9000 ℳ, z. B. der 50 PS-Buick 395 £ = rd. 8000 ℳ, der Studebaker (28 engl. St.-PS) 440 £ = 9000 ℳ.

Eine kleinere Anzahl von Typen ist sehr teuer und bildet die höchste Wagenklasse, z. B. Rolls Royce, Untergestell (49 engl. St.-PS) 1850 £ = 37 600 ℳ, Napier, Untergestell, 1500 £ = 30 500 ℳ, Bentley, Untergestell, 895 £ = 18 200 ℳ.

Wir ersehen aus diesen Angaben, daß die englische Industrie einen viersitzigen 6/22 PS-Wagen für rd. 4000 ℳ (Standard) bei einer Tageserzeugung von nur 25 Wagen, einen viersitzigen 7/28 PS-Wagen für 5800 ℳ (Morris) bei rd. 50 Stück Tageserzeugung und einen viersitzigen 8/28 PS-Wagen für 7400 ℳ (Standard) bei nur 13 Stück Tageserzeugung herstellt. Vom Gesamtbedarf der englischen Wirtschaft an Kraftwagen kosten 65 vH bis zu je 4000 ℳ, 20 vH bis zu je 9000 ℳ und 15 vH über 9000 ℳ bis zu 50 000 ℳ. Der englische Markt verlangt hiernach vorwiegend Wagen im Preise von 3500 bis 4000 ℳ. Dies scheint auch für Deutschland zutreffend. Besonders zu

beachten ist, daß die englische Industrie bei diesen Preisen den englischen Markt ohne Schutzzoll insbesondere gegen den stärksten, d. i. den amerikanischen Wettbewerb, beherrscht und ungefähr vier Fünftel des Bedarfs an Automobilen selber erzeugt.

Im ersten Halbjahr 1924 lieferte Amerika an England, Schottland und Irland nur 2887 Personenwagen im Wert von 2 172 390 Dollar und nur 345 Lastwagen im Wert von 319 437 Dollar. Auch die Fordsche Fabrik in Manchester, die Fordwagen zusammenbaut und den englischen Anforderungen durch tiefergelegten Rahmen u. dgl. anpaßt, spielt im Gesamtbild der englischen Automobilindustrie keine besondere Rolle.

So zeigt Englands Automobilindustrie bereits die kennzeichnenden Merkmale einer Bedarfsindustrie, die den Bedarf des Landes der Menge nach und zu tragbaren Preisen decken kann. In Amerika und England ist diese Bedarfsindustrie aus der Luxusindustrie herausgewachsen. Deutschlands Industrie folgt jetzt derselben Bahn; sie steht an jenem Wendepunkt, wo die Erzeugung teurer Wagen über den vorhandenen Bedarf hinausgeht und eine Absatzkrise nach der andern hervorruft, während die einheimische Industrie die große Nachfrage der Wirtschaft nach preiswerten Wagen noch nicht decken kann. Deutschlands Industrie genießt dabei den Vorteil, Vorbilder für die zu leistende Aufgabe zu haben. Es wäre sehr kurzsichtig, diese Vorbilder abzulehnen und mit einer Geste eigenes Können vorzuziehen.

Ich will versuchen, aus den Vorbildern der amerikanischen und der englischen Industrie einige Züge herauszugreifen, die nach meiner Überzeugung für den Aufbau der deutschen Automobilindustrie größte Bedeutung haben.

Aufwand an Baustoffen und an Arbeit.

Wir wissen, daß sich der Endpreis eines Erzeugnisses aus dem Arbeitsaufwand in den einzelnen Stufen der Erzeugung zusammensetzt, daß die höhere Stufe mit dem Arbeitsaufwand der vorangegangenen Stufen in der Form des Materialpreises belastet wird und daß jeder Zickzackweg verteuert. Die Automobilindustrie ist die letzte Stufe im Herstellungsgang des Kraftfahrzeuges.

Hinsichtlich der Materialkosten, welche die Automobilindustrie zu tragen hat, wird die Meinung vertreten, daß die Preise der Baustoffe in Deutschland viel zu hoch seien, um überhaupt billige Kraftwagen herstellen zu können. Ich habe die englischen Preise an Ort und Stelle ermittelt. Ihr Vergleich mit den deutschen Preisen zeigt, daß die englische und die deutsche Automobilindustrie für Werkstoffe ziemlich genau gleiche Preise zu zahlen haben. Vergleicht man aber die Baustoff**mengen**, die in den Automobilen verarbeitet werden, Abb. 1, so stößt man auf ein arges Mißverhältnis zwischen den deutschen und ausländischen Fahrzeugen. In Abb. 1 sind die Wagengewichte als Abszissen und die Verkaufspreise als Ordinaten aufgetragen; die durch den Nullpunkt gehenden Strahlen geben die Verkaufspreise für 1 kg Wagengewicht an. Die Wagen, die auf demselben Strahl liegen, haben den gleichen Einheitpreis. Das heißt, daß diese Fabriken das Material in gleich rationeller Weise verarbeiten.

Abb. 1. Baustoffmengen für Kraftwagen verschiedener Herkunft und Verkaufspreise; deutsche Wagen.

Wie zu erwarten war, hat **Ford** mit 2,05 ℳ/kg den niedrigsten Einheitspreis, auf das Gewicht bezogen. Aber auch andre Fabriken, insbesondre **Overland**, haben nahezu ebenso niedrigen Einheitspreis. In der Klasse der mittelstarken Wagen, wie Studebaker, Buick, Flint u. a. werden Einheitspreise bis herab zu 3 ℳ erreicht, welche diejenigen von Ford und Overland nur um 50 vH übersteigen. Die große Masse der amerikanischen Wagen wird mit 3 bzw. 5 ℳ/kg verkauft.

Dann aber kommen von 1600 kg ab die schweren Wagen, die ich als Repräsentationsklasse bezeichnen will, um das verpönte Wort Luxus zu vermeiden. Bei diesen Wagen streuen und steigen die Preise außerordentlich. Obenan steht Rolls Royce mit 21,10 ℳ/kg. Der hohe Preis dieser Fahrzeuge ist weniger eine Folge der geringen Erzeugung, als vielmehr der Geschäftspolitik. Ein Fahrzeug für repräsentative Zwecke darf nur in beschränktem Maß gebaut werden, sonst verliert es seinen Seltenheitswert. Niemand erwartet natürlich, daß der Präsident der Vereinigten Staaten seine Staatsfahrten in einem Ford macht, der König von England zur Parlamentseröffnung in einem Morris fahren wird.

Betrachten wir nun die **englischen** Einheitspreise, die uns nach den früheren Ausführungen besonders interessieren: der Einheitspreis des 6/22 PS-Morris-Wagens ist 4,75, des 7/28 PS-Morris-Wagens 5,90 ℳ/kg. Der Einheitspreis des 22 PS-Standard deckt sich annähernd mit dem des kleineren Morris, obwohl davon nur 7500 jährlich erzeugt werden. Hierzu ist wiederholt zu bemerken, daß die Baustoffe, welche die englischen Fabriken verarbeiten, ebensoviel wie in Deutschland kosten. Der Stundenlohn in der englischen Automobilindustrie beträgt 1 sh 4 d = 1,33 ℳ, ist also wesentlich höher als in Deutschland.

Wenn daher deutsche Fabriken die Automobile nur zu einem wesentlich höheren Einheitspreis verkaufen können, sind die Arbeitsverfahren dieser Fabriken schlechter oder die Bauarten der Wagen nicht reif für preiswerte Herstellung. Die deutsche Industrie erreicht zurzeit als günstigsten Einheitspreis 8 ℳ/kg (vergl. die mit 1, 2, 3, 7 bezeichneten Punkte); alle englischen und amerikanischen Automobile außer der Repräsentationsklasse liegen weit unter diesem Wert, der sich mit dem Einheitspreis der Repräsentationswagen wie Packard und Lincoln deckt. Der Wagen 7 hat den Einheitspreis von Lincoln und Packard nach einer durchgreifenden Reorganisation der Fabrik erzielt; das beweist, daß auch bei kleinen Erzeugungsmengen Verbesserungen im Einheitspreis erzielbar sind

Im allgemeinen müssen wir die Preise noch um 40 vH senken, um die englische Höhe zu erreichen und damit nach dem Beispiel Englands die Frage des Auslandwettbewerbs durch eigene Leistungsfähigkeit zu lösen. Vorweg sei bemerkt, daß an dem höheren Preis unserer Kraftwagen der übermäßige Aufwand an Baustoffen wesentlich mitschuldig ist.

Nachträglich habe ich erfahren, daß eine deutsche Fabrik bereits unter 8 ℳ/kg verkauft. Diese Fabrik verkauft einen 6/20 PS-Wagen mit 940 kg Gewicht für 5200 ℳ und einen 8/24 PS-Wagen mit 1440 kg Gewicht für 6950 ℳ. Dem entsprechen Einheitspreise von 5,53 und 4,83 ℳ/kg, die, als Punkte R_6 und R_8 in Abb. 1 nachgetragen sind; trotzdem übersteigen aber auch die Preise dieser Wagen die englischen und amerikanischen bedeutend. Für den größeren Wagen werden, mit den ausländischen Wagen verglichen, 450 kg oder 30 vH zu viel Baustoff verbraucht. Das macht den Wagenpreis trotz hochwertiger Erzeugung zu hoch.

Die Baustoffkosten eines preiswerten ausländischen Kraftwagens betragen 1800 bis 2500 ℳ (einschließlich Karosserie) entsprechend 60 bis 80 vH des Verkaufpreises.

Eine der wichtigsten Aufgaben der Verbilligung der Herstellung ist es deshalb, das Gewicht der Fahrzeuge herunterzudrücken.

Der Anteil der Kosten, der in der Automobilfabrik entsteht, ist im Auslande selbst bei mäßigen Erzeugungsmengen gering. Die Standard Motors Ltd. verkauft bei einer Tageserzeugung von 25 Wagen einen 22 PS-Wagen für 4000 ℳ. Diese Stückzahl scheint die untere Grenze für weitgehende Verbilligung der Erzeugung zu sein.

In ausländischen Automobilfabriken erfordert ein Wagen 180 bis 350 Lohnstunden. Die Allgemeinunkosten liegen wesentlich unter 200 vH. In deutschen Automobilfabriken sind die Stundenzahlen und die Allgemeinunkosten mit 300 vH bedeutend höher, weil noch zu viel Handarbeit und zu wenig Maschinenarbeit geleistet wird und der gesamte Arbeitsaufwand noch zu hoch ist.

Soweit man um Handarbeit nicht herumkommt, muß man eine weitgehende *Arbeitsteilung* einführen, um die Leistungsfähigkeit des einzelnen Arbeiters zu steigern. Das gilt vor allem für die Montage. Der Zusammenbau des ganzen Motors dauert bei Morris nur 1 h 40 min.

Im Gegensatz zur Handarbeit erfordert die maschinelle Arbeit weitgehende Zusammenfassung, damit menschliche Hilfsarbeit für Einspannen, Beförderung usw. vermieden wird. Zylinderbohrmaschinen mit mehr als 50 gleichzeitig arbeitenden Bohrspindeln bohren das Werkstück von 4 Seiten. Wieviel Arbeitskräfte wären notwendig, wenn die 50 Bohrungen auf Einspindel-Bohrmaschinen gebohrt würden, wenn das Werkstück jeder Bohrmaschine zugebracht und dort eingespannt werden müßte! Zwischen den beiden Grenzfällen liegen natürlich die verschiedensten Möglichkeiten.

Jeder einfache Automat ist nach dem Grundsatz der Zusammenfassung maschineller Einzelarbeiten gebaut. Die neueren Vielfachautomaten sind eine weitere Entwicklungsstufe in derselben Richtung. Der Nutzen ist erheblich. Auf der Bullard-Maschine wird der Rohling eines Zahnkettenrades, der früher auf 7 Einzelmaschinen bearbeitet wurde, in 63 s bearbeitet (ohne Verzahnen), ein 35 cm langer Knight-Rohrschieber bei einem Mann Bedienung in 58 s außen und innen vor- und fertiggedreht und genutet.

Gemeinschaftsarbeit.

Hat man die Frage der Baustoffersparnis und der Verminderung des Kostenanteils in der Automobilfabrik gelöst, dann besteht die nächste Aufgabe in der einheitlichen Zusammenfassung der Erzeugungsstufen. Daran arbeitet heute die ausländische Industrie sehr eifrig. Für diese Zusammenfassung gibt es zwei Wege. Der eine ist, die aufwärts einander folgenden Industrien in einer Hand zu vereinigen. Ford hat das am weitesten getan und aus seiner gesamten Erzeugung eine Einheit gemacht.

Der andere Weg, den man in England geht, und der auch für deutsche Verhältnisse geeignet scheint, ist enge Zusammenarbeit der Automobilindustrie mit an sich unabhängigen Lieferanten, die sich aber in den Gang der Erzeugung fest einfügen. Leistungsfähige Hersteller fertiger Teile oder fertiger Gruppen (Kolben, Hinterachsen, Getriebe, Motoren usw.) gehören dazu, da sie, indem sie mehreren Fabriken dieselben Teile liefern, billiger fabrizieren. Das führt selbsttätig zur Gemeinschaftsarbeit aller Beteiligten. Einer hilft dem andern verbessern.

In England hat sich z. B. der Lieferant der Gußzylinder für Morris ganz auf die Bedürfnisse seiner festen Auftraggeber eingestellt und mit ihnen zusammen verbilligende Wege für seine Erzeugung studiert und eingeführt. Morris hat im letzten Jahre die Preise im Mittel um 13 vH gesenkt und trotzdem die Wagenausrüstung durch Ballonreifen und Vierradbremse verbessert, sowie den Motor durch Verwendung von Kolben und Schubstangen aus Leichtmetall betriebswertvoller gemacht. Diese Preisermäßigung der Automobilfabrik war begleitet von einer Verminderung der Preise der Unterlieferanten um 15 bis 18 vH als Folge von Verbesserungen ihrer Arbeitsverfahren.

Die Gießerei, welche die Zylinder in größeren Tagesmengen zu gießen hat, muß hierzu Maschinen, u. a. selbsttätige Einrichtungen für das Trocknen der Kerne schaffen. Solche Maßnahmen kann sich ein unabhängiges Werk, das Zulieferer für die Automobilfabrik ist, natürlich nur leisten, wenn es sicher ist, für längere Zeit den Bedarf der Automobilfabrik zu liefern. Man stelle sich vor, was es heißen würde, täglich etwa 5000 Kerne für das Gießen der Zylinder handwerkmäßig herzustellen.

Für die Vorbereitung des Baustoffes einige Beispiele: Die Zahnrädergruppe auf der Hilfswelle im Wechselgetriebe wird als ein Stück nahezu passend geschlagen, so daß die Schrupparbeit und der Stoffverlust gering sind. Konstruktiv bedingt das die Zusammenfassung der Zahnräder auf einer festen zylindrischen Welle. Das Schneiden dieser eng nebeneinanderliegenden Zahnkränze ist auf der Fellowsmaschine möglich. Kann man die Durchmesser im Schmiedeprozeß noch nicht ausreichend abstufen, so trennt man nur das größte Rad ab.

Kotflügel werden in einem Arbeitsgang aus meist 1 mm starkem Blech formfertig gepreßt. Man wählt hierzu Formen, die das trommelnde Geräusch der Bleche vermeiden, indem man die glatte Wölbung des Blechs durch eine abgesetzte Vertiefung unterbricht.

Konstruktion.

Aus den angestellten Betrachtungen ergibt sich, daß man ein Kraftfahrzeug nur dann preiswert bauen kann, wenn man Gewicht des Wagens und Aufwand an Arbeitslöhnen aufs äußerste beschränkt. Es genügt aber nicht allein Handarbeit durch Maschinenarbeit zu ersetzen, vielmehr muß man auch die Herstellung an sich vereinfachen. Bedingt die Bearbeitung viele und teure Maschinen, wenn Teile erzeugt werden müssen, die sich bei einiger Überlegung ganz vermeiden oder vereinfachen lassen, so lassen sich auch bei bestem Bearbeitungsverfahren die Herstellkosten nur in beschränktem Maße senken.

Die Konstruktion eines Fahrzeuges ist aber erst dann wirklich reif, wenn sie geringes Baustoffgewicht mit wenig Handarbeit und Maschinenarbeit vereinigt. *Die Konstruktion ist die strategische Vorbereitung der Herstellung.* Sie muß für jedes einzelne Maschinenelement Formen und Abmessungen angeben, welche die Herstellung und den Zusammenbau vereinfachen und erleichtern. Solange der Konstrukteur diese Aufgabe nicht erfüllt und solange diese Bedeutung der Konstruktion nicht voll erfaßt wird, fehlt es an der richtigen Vorbereitung für die preiswerte Herstellung.

Das Nachwalzen einer Zylinderlauffläche von mittlerer Größe mit einem einfachen Rollkopf dauert rd. 20 s, während das Schleifen von vier Zylinderbohrungen rd. 2 h in Anspruch nimmt. Die Maschinen zum Schleifen kosten das Mehrfache

Abb. 2. Hinterachsantrieb des Buick-Kraftwagens.

Abb. 3. Kupplungsgestänge.

der einfachen Einrichtung für das Rollen. Will man aber die Zylinder nachwalzen, statt sie zu schleifen, so müssen konstruktiv bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein. Die Zylinder müssen auf der ganzen Länge dem Rolldruck annähernd gleichen Widerstand entgegensetzen und dürfen keine einseitigen Aussparungen, insbesondere keinen Schlitz für die Schubstange haben. Daher muß man schon beim ersten Festlegen der Hauptabmessungen der Maschine prüfen, ob man durch Wahl des Hubverhältnisses und der Schubstangenlänge den Schlitz für den Schubstangenausschlag vermeiden kann. Ist das nicht möglich, so muß man die Zylinder zunächst voll herstellen und fertig rollen und erst dann die Schlitze herausfräsen. Im Zusammenhang hiermit steht auch die Auswahl des Gußeisens für solche Zylinder, das mindestens 180, möglichst 200 Brinellhärte haben soll.

Ein andres Beispiel ist die Befestigung im Einsatz gehärteter Räder, z. B. eines Kegelrades, im Hinterradantrieb. Das Einpassen der Schrauben in die Flanschlöcher des gehärteten Rades und des Gehäuses für das Ausgleichgetriebe ist sehr umständlich und letzten Endes stets eine Einzelanpassung, die man bei der Massenfabrikation verwerfen muß. Diese Schwierigkeit hat man dadurch gelöst, Abb. 2, daß man die Teile nicht verschraubt, sondern zusammennietet. Bei der Nietverbindung kommen praktisch Loch und Niet zum Tragen, auch wenn die Löcher nicht ganz übereinstimmen. Die Nietverbindung erspart daher nicht allein das umständliche Zupassen, sie ist auch wesentlich billiger und hat den Vorteil größerer Betriebsicherheit. Austauschbarkeit setzt eben nicht immer hohe Toleranzen der einzelnen Stücke voraus, sondern ist oft mit einfachen und billigen Verfahren besser erreichbar.

Aus den gleichen Erwägungen heraus werden auch Räder im Wechselgetriebe und an Stellen, wo gehärtete Teile mit Flanschen befestigt sind, vernietet.

Weitere Beispiele für die Vereinfachung der Arbeiten bieten Zylinder, Kolben, Kolbenbolzen und Schubstangen. Die Massenherstellung verlangt für die Zylinderbohrungen eine Toleranz von 0,025 mm, wenn sie geschliffen werden, und von 0,05 mm, wenn sie gerollt werden. Die Abmaße der Zylinderbohrung und des Kolbenschaftes sind aber so groß, daß sie das sehr enge Laufspiel des Kolbens über den Haufen werfen. Man wendet deshalb das Auswahlsystem an, wobei man solche Kolben und Zylinder zusammenbaut, deren Abmaße übereinstimmen. Damit bindet man aber einen bestimmten Kolben an eine bestimmte Zylinderbohrung. Der Zusammenbau würde nun auf sehr große Schwierigkeiten stoßen, wenn man bei der Verbindung von Kolbenbolzen und Schubstangen ebenfalls das Wahlsystem anwenden müßte. Das vermeidet man sehr einfach, indem man die bekannte Schubstange mit Klemmkopf verwendet. Daher findet man diese Konstruktion sehr häufig z. B. bei Ford, Buick, Hupmobile, Overland usw. Das zeigt, daß es nicht immer notwendig ist, Neuartiges zu konstruieren, um Herstellung und Zusammenbau zu verbilligen und zu erleichtern. Oft reichen die bekannten Mittel, richtig angewendet, aus.

Wie man durch konstruktive Maßnahmen Paßarbeit sparen und auch Geräusche beseitigen kann, zeigen folgende Beispiele: Beim Kupplungsgestänge von Buick, Abb. 3 bis 7, sitzt das Drucklager, das die Federkräfte vom stillstehenden auf den umlaufenden Teil überträgt, auf einer festen Flanschhülse, das Drucklager ist daher nur während der kurzen Zeiten, wo entkuppelt wird, belastet in Tätigkeit. Die Schubhülse wird axial durch einen Stift geführt, der mit großem Spiel von 0,7 mm im Loch sitzt. Eine einfache Feder drückt die Schubhülse stets gegen den Stift. Rasselnde Laufgeräusche und die bekannte Gefahr des Heißlaufens sind daher beseitigt.

Der gegabelte Kupplungshebel, der an der Schubhülse angreift, wird durch einen balligen Bolzen gehalten, so daß die unbearbeiteten Gabelarme gleichmäßig auf das Drucklager und damit auf die Kupplung drücken. Das Gestänge, das zum Fußhebel führt, ist ein Schulbeispiel für einfache Ausführung. Ein Bolzen verbindet das Ende der Ausrückgabel mit diesem Hebel. Eine Feder drückt auf der einen Seite die Gabel, auf der andern den Hebel gegen den Bolzenkopf oder die Stellmutter. Von Toleranz für diese Teile kann man überhaupt nicht mehr sprechen, an den Teilen ist so gut wie nichts bearbeitet, trotzdem erfüllt die Konstruktion vollkommen ihren Zweck. Sie wiegt nicht viel, kostet wenig, braucht keine Wartung und läßt nichts von sich hören.

Die Bremswellen werden bekanntlich quer zu den Längsholmen des Wagens gelagert, Abb 8. Paßt man die Wellen axial genau ein, so klemmen sie schon bei geringen Formänderungen des Rahmens, paßt man sie zu lose ein, so klappern sie.

Abb. 4 bis 7. Kupplungsgestänge Buick.

Abb. 8 zeigt die einfache Lösung. Die Welle liegt an irgendeiner Stelle in einer Richtung fest an und wird in der andern Richtung durch eine Gegenfeder abgefangen.

Auch bei den Ventilhebeln, Abb. 9, benutzt man dieses Verfahren: feste Anlage auf der einen Seite und Federdruck auf der andern. Die Paßarbeit in axialer Richtung fällt fort, und die Hebel laufen ruhig; dabei handelt es sich um eine alte Konstruktion, nur hat man sie zielbewußt angewendet.

Normung.

Maschinenelemente zu normen, ist sehr wertvoll und für die Verbilligung der Herstellung unbedingt notwendig, aber erst dann, wenn die Teile für die Normung wirklich reif sind. Unreife Teile zu normen, ist wertlos, ist sogar schädlich, weil dann die Normung die Konstruktion in Bahnen drängen kann, die von dem erstrebten Ziele der Verbilligung abweichen.

Der ausländische Automobilbau durchbricht die starren Regeln der Normung, sobald die Abweichung verbilligend wirkt. Das trifft man bei den einfachsten Maschinenelementen an. Die Lagerschrauben von 12,7 und die Schubstangenbolzen von nur 9,5 mm Dmr. haben bei demselben Motor gleich große Splintlöcher von 3,2 mm für Splinte von nur 2,2 mm Dmr., Abb. 10. Man kann daher eine einzige Art von Splinten bei der Montage verwenden und sie glatt einziehen. Dagegen hat nach der D. I.-Norm beim 12 mm-Bolzen das Splintloch 3 und der Splint 2,7 mm Dmr., beim kleineren Bolzen das Splintloch 2 und der Splint 1,8 mm Dmr.

RZ182Z10
Abb. 10. Amerikanische und deutsche Splintnormen.

Der amerikanische Konstrukteur vermeidet übrigens weitgehend, Muttern, die durch Splint gesichert werden, zu verwenden, weil die Montage dieses Elementes zu viel Handarbeit fordert. Man findet daher diese Verbindung nur an wenigen Stellen.

Typenwahl.

Deutschlands Automobilindustrie hat eine große Zahl von Fahrzeugtypen geschaffen und durch Erfahrungen und Studien vervollkommnet. Unsere Industrie arbeitet weiter an vielen automobiltechnischen Verbesserungen und gibt damit dem deutschen Kraftfahrzeug eine eigene Note. Da die deutsche Automobilindustrie an dem Wendepunkt steht, wo ihr der Stempel einer Bedarfsindustrie für die Zukunft aufgedrückt werden soll, müssen wir prüfen, ob sich die vorhandenen Typen für eine preiswerte Reihenherstellung eignen; denn die Reihenherstellung bindet uns für längere Zeit an die einmal gewählte Type, die nur schrittweis und in allen Einzelheiten betriebs- und herstellungstechnisch verfeinert werden kann, aber in ihren Grundzügen unverändert bleiben muß.

Das Ausland bringt Jahr für Jahr zahlreiche neue Modelle heraus. Man gibt aber unumwunden zu und sieht darin mit Recht einen Vorzug, daß das neue Modell nur in wenigen Einzelheiten vom früheren abweicht, und daher wie das alte Modell langjährige Erfahrungen der Fabriken und der Kundschaft verkörpert; denn Typenwechsel wirft die Fabrikation über den Haufen.

RZ182Z8
Abb. 8. Lagerung der Bremswelle.

Das früher Gesagte enthält bereits einige Richtlinien, um zu beurteilen, ob eine Bauart reif ist. Es fehlt aber noch die Kennzeichnung der grundlegenden Eigenschaften, d. h. der Wertmaßstab, den man auf Fahrzeuge aller Wagenklassen in Ländern mit größerer Bedarfsindustrie anwenden kann. Einen Wertmaßstab der Typenwahl zugrunde zu legen, der internationaler Nachprüfung nicht standhält und nachweisbar die Herstellung verteuert, wäre ein schwerer Fehler.

Hinsichtlich der Motorleistungen muß man nicht allein die Höchstleistung im oberen Drehzahlbereich, sondern auch die Leistungen bei niedrigen Drehzahlen bis zu ganz niedrigen in Betracht ziehen, die beim höchsten Gang des Wechselgetriebes und langsamer Fahrt zur Verfügung stehen. Die Höchstleistung des Motors läßt sich im Wagen nur selten voll ausnutzen. Die Kennlinie von Motoren, die große Höchstleistungen bei hohen Drehzahlen haben, ist bei niedrigen Drehzahlen oft schwindsüchtig und läßt gerade dort Leistungen vermissen, wo sie am meisten gebraucht werden. Raschlauf der Motoren, vereinigt mit großem Drehmoment bei niedrigen Drehzahlen, ist äußerst wertvoll, weil man dann die Übersetzung zwischen Motor und Wagenrädern erhöhen kann und in demselben Maß auch das Drehmoment an den Triebrädern des Wagens zunimmt.

RZ182Z9
Abb. 9. Lagerung der Ventilhebel.

Abb. 11. Motorleistung und Wagengewicht verschiedener Kraftfahrzeuge.

Fahrtechnische Werte.

Einen Überblick über Leistungen, Wirtschaftlichkeit und Drehzahlbereich deutscher, englischer und amerikanischer Motoren liefern folgende Angaben:

10/35 PS-Horch-Versuchswagen. Der Versuchsmotor von 10 PS Steuerleistung mit seitlichen Ventilen, der bis zu 48 PS Leistung hat, ist in dem zugehörigen 4 + 2 sitzigen offenen Wagen auf Meßfahrten über 40 000 km gelaufen. Zu Studienzwecken wurden an dem Wagen mehrere Stahlteile durch Elektronteile ersetzt und verschiedene betriebstechnische Verbesserungen vorgenommen. Der betriebsfertige Wagen wog danach 1596 bis 1600 kg. Als Höchstgeschwindigkeit je nach Brennstoff und Witterung wurden 96 bis 102 km/h gemessen. Der Brennstoffverbrauch betrug für je 100 km Wegstrecke in der Stadt 10,4 bis 11,3, im Flachland 10,1 bis 12,9, im Hügelland 12,1 bis 13,2, im Hochgebirge (Schweizer Paßstraßen) 14,5 bis 14,6 l. Mit dem höchsten Gang des Getriebes waren Steigungen bis zu 5 vH, mit dem 3. Gang solche bis zu 9 vH befahrbar. Die sehr häufigen Steigungen von 9 bis 12 vH der Schweizer Paßstraßen (Klausen, Grimsel, Gotthard, Julier, Furka) mußten mit dem 2. Gang befahren werden, wobei 38 km/h Geschwindigkeit erreicht wurde. Beim höchsten Gang konnte man die Geschwindigkeit bis auf 10 km/h herabsetzen.

Abb. 12. Motorleistungen auf je 100 kg Wagengewicht bei 25 km/h Fahrgeschwindigkeit.

12/50 PS-Buick-Wagen. Der offene fünfsitzige Wagen wiegt betriebsfertig 1350 kg, die geschlossene fünfsitzige Limusine mit Innensteuerung (Sedan) 1480 kg. Der Sechszylindermotor dieses Wagens hat 76,2 mm Zyl.-Dmr. und 114,3 mm Hub und leistet 51,4 PS bei 3000 Uml./min.

Fahrversuche mit zwei verschiedenen Wagen derselben Type ergaben beim höchsten Schaltgang noch ganz gleichmäßiges Arbeiten der Maschine bei 4,4 und 6,6 km/h und als größte Fahrgeschwindigkeit in der Ebene 100 km/h.

Die Fahrelastizität des Wagens drückt sich in folgenden Werten aus: Der geschlossene, also schwerere Wagen beschleunigt sich in Fahrt beim höchsten Gang und ohne, daß man die Kupplung betätigt, von 8 auf 40 km/h Geschwindigkeit in 10 s und von 6,6 auf 50 km/h Geschwindigkeit in 14 s, er läuft noch bei 4,5 km/h Geschwindigkeit, also im Schrittempo, mit dem höchsten Gang bei dauernd voll eingerückter Kupplung gleichmäßig und zieht aus dieser Geschwindigkeit bei beliebig schnellem Öffnen der Drosselklappe regelmäßig und rasch an. Auf Steigungen von 6 vH (Pichelsberge) kann man ebenfalls mit höchstem Gang und eingerückter Kupplung im Schritt fahren und aus Schrittgeschwindigkeit in 28 s auf 35 km/h sowie in 46 s auf 50 km/h beschleunigen. Als Brennstoffverbrauch des Wagens wurden 13,5 bis 16 l auf 100 km bei Stadtfahrt und im Hügelland gemessen.

Bemerkenswert ist die Geschmeidigkeit des Wagens im Bereich der gebräuchlichen Fahrgeschwindigkeiten, d. h. der rasche Wechsel zwischen Schrittgeschwindigkeit und Höchstgeschwindigkeit ohne Gangschaltung und das hohe Steigungsvermögen. Dagegen sind deutsche raschlaufende Motoren in Betriebsicherheit und Freiheit von Schwingungen bei hohen Drehzahlen erheblich überlegen.

Die beiden erwähnten Kraftwagen kennzeichnen zwei grundverschiedene Richtungen der Entwicklung: die eine geht auf höhere Fahrgeschwindigkeiten, die andre auf die gebräuchlichen niedrigen Geschwindigkeiten aus. Beide sind wertvoll, aber nützlicher ist die zweite. Man müßte anstreben, den Kraftfahrzeugen höchste Geschmeidigkeit zu verleihen, ohne viel von ihren guten Eigenschaften bei höheren Geschwindigkeiten zu opfern. Elastizität geht aber der Höchstgeschwindigkeit vor.

Geschmeidigkeit ist zugleich die Voraussetzung für das Senken der Herstellungspreise; denn sie steigt mit der Motorleistung und sinkt mit dem Wagengewicht.

In Abb. 11 sind über den Wagengewichten als Abszissen die Leistungen der zugehörigen Motoren von 77 amerikanischen, einigen englischen, französischen und deutschen Wagen eingetragen. Die Strahlen durch den Nullpunkt sind Linien gleicher Leistung für 100 kg Wagengewicht. Von amerikanischen Wagen hat Ford 2,7, Dodge 3, der 12/50 PS-Buick 3,7, der 70 PS-Buick 4,2,

Packard 4,5 und Lincoln 4,8 PS auf 100 kg Wagengewicht. Von englischen Wagen hat der 6/22 PS-Morris 2,7 und der 7/28 PS-Morris 2,9 PS, von französischen Wagen der kleine Citroen 3,5, der große 2,8 PS für je 100 kg Wagengewicht.

Ford und Morris liegen also bei weniger als 1000 kg Wagengewicht zwischen 2,5 und 3,0 PS für 100 kg. Die große Masse der mittleren Wagen liegt bei weniger als 1500 kg Wagengewicht zwischen 3,0 und 4,5 PS. Beachtenswert ist, daß Ford und Lincoln, beide aus dem Fordkonzern, das Mindest- und das Höchstmaß an Schmiegsamkeit des Motors haben.

Von deutschen Wagen haben einer von 30 PS (Punkt 4) bei 1600 kg Gewicht unter 2 PS, einer von 47 PS (Punkt 5) bei 1600 kg unter 3 PS, einer von 30 PS (Punkt 6) bei 1350 kg 2,2 PS, einer von 20 PS (Punkt 1) bei 825 kg 2,5 PS, einer von 15 PS (Punkt 3) bei 550 kg 2,8 PS, einer von 14 PS (Punkt 2) bei 600 kg 2,4 PS, einer von 20 PS (Punkt R_6) bei 940 kg 2,1 PS und einer von 24 PS (Punkt R_8) bei 1440 kg nur 1,7 PS auf je 100 kg.

Bezieht man den Vergleich zwischen Leistung und Gewicht nicht, wie oben, auf die Höchstleistungen, sondern auf eine niedrige Fahrgeschwindigkeit, z. B. 25 km/h, und entnimmt man dazu die zugehörigen Motorleistungen der Leistungskurve, so erhält man Abb. 12. Ford ist hier mit 1,39 PS/100 kg sehr schmiegsam. Die Werte „n" und „a" entsprechen bekannten deutschen Wagen neuester Bauart.

Die beiden Bilder sind der Schlüssel für die Typenwahl. Sie zeigen, was ein preiswerter Gebrauchswagen wiegen darf und leisten muß, s. a. Abb. 13. Sie zeigen aber auch die Kennwerte für die Wagen höherer Klasse.

Wenn wir aus den Bildern die Nutzanwendung ziehen, haben wir einen großen Schritt vorwärts getan. Wir dürfen uns aber damit nicht begnügen. Die Amerikaner haben schon vor einem Jahr erklärt, daß sie in nicht zu ferner Zeit das Gewicht der Fahrzeuge noch um ⅓ gesenkt haben werden. [B 182]

Abb. 13. Einteilung der Wagentypen nach der Schmiegsamkeit des Motors beim höchsten Gang.

(Schluß folgt.)

Preisausschreiben für eine mechanische Straßenbahn-Wagenkupplung.

Der Verein Deutscher Straßenbahnen, Kleinbahnen und Privateisenbahnen E. V. veranstaltet ein Preisausschreiben zur Erlangung von Entwürfen für eine einheitliche mechanische Wagenkupplung, mit der die elektrische Bremskupplung, die elektrische Lichtkupplung und die Kupplung für die Luftdruckbremse unmittelbar in Verbindung gebracht werden können und nicht besonders bedient werden müssen[1]).

Die mechanische Kupplung soll nicht gleichzeitig als Puffer, wie das jetzt noch vielfach der Fall ist, dienen. Der Puffer wird völlig unabhängig von der Zugvorrichtung, an der Rammbohle oder, wo diese nicht vorhanden ist, unmittelbar an der Plattform befestigt. Kupplungskopf und Zugstange haben alle während der Fahrt auftretenden Zug- und Stoßkräfte aufzunehmen. Im entkuppelten Zustande dient der Schutzpuffer zum Auffangen der Stöße.

Die bisher bei Straßenbahnen üblichen Kupplungseisen müssen fortfallen. Die Kupplung muß entweder selbsttätig wirken, oder der Kupplungskopf ist so auszubilden, daß das Ankuppeln vorgenommen werden kann, ohne daß der Fahrschalter eingeschaltet wird oder die Wagen in sonst einer Weise bewegt werden. Der Schaffner darf unter keinen Umständen beim Ankuppeln gefährdet werden. Der Schutzpuffer darf für das An- und Abkuppeln kein Hindernis sein. Beim Einmannwagenbetrieb muß der Führer allein ankuppeln können.

Der Kupplungskopf ist so leicht und einfach wie möglich auszubilden. Schrauben, Splinte, Unterlegscheiben, lose Teile und dergleichen, die Anlaß zu öfterem Ersatz und zu klappernden Geräuschen geben, sind nach Möglichkeit zu vermeiden. Das Entkuppeln muß leicht geschehen, auch wenn die Zugstangen unter Spannung stehen.

Die Mitte der Kupplung soll 450 mm über Schienenoberkante liegen, die Unterkante des Gleitbügels 350 mm und die Unterkante Schutzpuffer bzw. Rammbohle 545 mm.

Die elektrische Bremskupplung soll einpolig sein. Mit dem Kupplungskopf der mechanischen Kupplung sind die stromführenden Kontakte so in Verbindung zu bringen, daß beim Ankuppeln des Wagens die Verbindung für die elektrische Bremse selbsttätig hergestellt wird. Die Isolation ist für 1000 V auszuführen.

Die Kabelanschlüsse müssen bequem zugänglich sein und sich leicht lösen lassen. Bei Verwendung von Kabelschuhen muß die Lötlänge mindestens 25 mm betragen. Eine Berührung des blanken Kabels mit Teilen des Untergestelles muß während der Fahrt ausgeschlossen sein. Das Kabel muß wegen der öfter vorkommenden Verbiegungen der Zugstangen schnell ausgewechselt werden können.

Die elektrische Lichtkupplung soll einpolig und für Spannungen bis 1000 V verwendbar sein und die Stromverbindung mit dem Ankuppeln der Wagen selbsttätig herstellen. Beim normalen Ankuppeln muß eine Berührung wegen der damit verbundenen Gefahr ausgeschlossen sein. Während die Verbindung der elektrischen Bremskupplung mit der mechanischen Kupplung bereits seit Jahren eingeführt ist und sich bewährt hat, hängt die Einführung der Lichtkupplung in Verbindung mit der mechanischen Kupplung von einer brauchbaren, unbedingt gefahrlosen und betriebsicheren Ausführung ab. Als Kabel kann bis zu 3 mm dickes feindrähtiges verzinntes aber isoliertes Stahlseil verwendet werden.

Die bisher an den Plattformen befestigten Luftschläuche sollen ebenfalls mit der mechanischen Kupplung selbsttätig gekuppelt werden können. Die Anschlüsse müssen geschützt liegen, damit sie äußerlichen Beschädigungen nicht ausgesetzt sind. Der innere Durchmesser der Schläuche soll 13 mm sein. Die Anschlüsse sind entprechend zu bemessen.

Im allgemeinen tritt zwar die Luftdruckbremse an die Stelle der elektrischen Bremse, so daß an der Kupplung die Teile für die elektrische Kupplung fortfallen und der freiwerdende Raum für die Lichtkupplung benutzt werden kann. Trotzdem ist ein Entwurf einzureichen, der beide vereinigt vorsieht, da einige Verwaltungen Fahrzeuge mit Luftdruckbremse und elektrischer Bremse nebeneinander verwenden.

Die Entwürfe sind bis zum 15. Juni an den Verein Deutscher Straßenbahnen, Kleinbahnen und Privateisenbahnen, Berlin SW 11, Dessauer Straße 1, einzureichen. [N 285]

[1]) Vollständig veröffentlicht in Nr. 10 dieser Zeitschrift, Anzeigenteil S. 134.

Tränkung von Holz durch Fluoride[2]).

Bereits vor etwa 20 Jahren wurden die ersten Versuche in Österreich angestellt, Leitungsmaste gegen die schädliche Einwirkung der Feuchtigkeit durch Tränkung mit wassergelösten Fluoriden zu schützen[3]). Nach Untersuchungen von Padar, Wien, ist Fluornatrium dem Kupfervitriol und Zinkchlorid hinsichtlich der Tränkwirkung beträchtlich überlegen. Eine Schätzung auf Grund der Versuche läßt eine Lebensdauer von 20,2 bis 22 Jahren für mit Zinkfluorid oder Natriumfluorid getränkte Stangen erwarten gegenüber 12 und 15,5 Jahren für die mit Zinkchlorid oder Kupfervitriol behandelten Stangen. Der allgemeinen Anwendung der Fluoride zur Holztränkung stand bisher ihr verhältnismäßig hoher Preis gegenüber. Man wird aber wahrscheinlich dazu kommen, solche auf kostspieligere Art behandelten, jedoch dauerhafteren Hölzer dort zu verwenden, wo infolge schwieriger örtlicher Verhältnisse ein Auswechseln der Stangen großen Aufwand verursacht und wo daher an langer Haltbarkeit besonders viel gelegen ist. [N 279] Gs.

[2]) Vergl. Zeitschrift für angewandte Chemie Bd. 38 (1925) Nr. 7.
[3]) Vergl. Z. Bd. 62 (1918) S. 209 u. 930, Bd. 63 (1919) S. 1095, Bd. 67 (1923) S. 335.

Die Abwärmeverwertung in Orts- und Fernheizwerken.

Von Prof. Chr. Eberle, Darmstadt.

(Schluß von Seite 301).

Abdampf von Dampfmaschinen.

Mit den bisher bei Dampfkraftmaschinen üblichen Druck- und Temperaturgefällen werden 10 bis 25 vH der Dampfwärme in Arbeit umgesetzt; ein sehr kleiner Teil der Wärme geht in der Maschine durch Strahlung und Leitung verloren, und der Rest von 70 bis 90 vH steht im Abdampf zur Verfügung oder wird in das Kühlwasser der Kondensationsanlage übergeführt. Von dieser Abwärme macht man seit Jahrzehnten ausgiebig und in den verschiedensten Formen für Heizzwecke, insbesondere industrieller Art, Gebrauch. Die großzügige Verwendung dieser Wärmequelle für die Raumheizung war dem letzten Jahrzehnt vorbehalten. Wir betrachten hier die Dampfkraftmaschinen in zwei Gruppen.

Maschinen mit unterbrochenem Betrieb.

Bei Dampfhämmern, Dampfpressen, Dampfpumpen, Walzenzug-, Fördermaschinen usw. verzichtet man aus betriebstechnischen Gründen auf die Anwendung der Kondensation; der Abdampf steht also mit etwa 1 at abs. Druck und etwa 100 °C zur Verfügung. Diese Maschinen nützen nicht nur infolge des geringen Druckgefälls, sondern auch wegen des unterbrochenen Betriebes die Dampfenergie besonders schlecht aus, so daß ihr Abdampf in der Regel mehr als 90 vH der zugeführten Wärme enthält. Diesen Dampf kann man, da er bis zur Kühlwassertemperatur noch ein bedeutendes Druck- und Temperaturgefälle hat, unmittelbar zur Krafterzeugung ausnutzen, insbesondere seit der Einführung der Dampfturbine, die sich für die Ausnutzung niedriger Druckstufen sehr gut eignet. Der Abdampf wird in Ausgleichbehältern (Speichern) gesammelt und strömt von diesen den Turbinen zu. In großen Hüttenwerken, Bergwerken und in neuerer Zeit auch Maschinenfabriken hat man solche Anlagen mit gutem Erfolg errichtet.

Aussichtsreich ist auch die Verwendung dieses Abdampfes zu Heizzwecken, da hier die Möglichkeit besteht, den Dampf unmittelbar oder nach Übertragung seiner Wärme an Wasser oder Luft vollkommen auszunutzen.

Abb. 14. Dampfheizung der Werkstätten und der Holztrockenanlage.

Abb. 13 bis 15. Abdampfheizanlage einer Fabrik für Eisenbahnwagen.

Abb. 13. Frisch- und Abdampfverteilung.

a Dampfhammer I. *b* Dampfsammler, *c* Abdampfentöler, *d* Ölabscheider, *e* Druckminderstelle, *f* Hochdruck-Dampfverteiler, *g* Dampfhammer III *h* vom Hochdruckkessel, *i* zum Dampfhammer IV, *k* zum Dampfhammer II, *l* vom Dampfhammer IV, *m* Leitung zum Verwaltungsgebäude.

Durch die Verwendung des Dampfes darf kein für den Arbeitsvorgang nachteiliger Gegendruck entstehen, die nicht übereinstimmenden Schwankungen in Anfall und Verwendung des Abdampfes dürfen auch keine Störungen in der Abdampfleitung verursachen, und auch die Entwässerung der Maschinen darf durch die Angliederung der Abdampfverwertung nicht beeinträchtigt werden.

Abb. 13 bis 15 zeigen den Plan der Abdampfheizanlage einer Fabrik für Eisenbahnwagen; der Abdampf von drei Dampfhämmern vereinigt sich in einem Dampfsammler und wird von hier aus zum Werkstätten- und zum Verwaltungsgebäude geleitet. Das Werkstättengebäude hat Niederdruckdampfheizung und einen Lufterhitzer für die Holztrockenanlage. Das Verwaltungsgebäude hat Warmwasserheizung. Eine ähnliche, größere Anlage ist in der Fabrik der Daimler-Motoren-Gesellschaft, Marienfelde bei Berlin, im Betrieb[1]).

Großzügig haben verschiedene Hüttenwerke den Abdampf unterbrochen arbeitender Maschinen in ihren Heizanlagen verwertet. Abb. 16 ist der Lageplan eines oberschlesischen Hüttenwerkes, in dem der Abdampf von 17 Dampfhämmern, einer Schmiedepresse, vier Preßwasserpumpen und einer Luftpumpe, insgesamt rd. 15 000 kg/h, durch die gestrichelten Leitungen zusammengeführt und nach Entölung und Druckausgleich in einem aus drei älteren Kesseln bestehenden Wasserraumspeicher verteilt wird. Die Verteilleitungen haben bis zu 300 mm Dmr.; die Werkstättengebäude haben Niederdruckdampfheizung, die Verwaltungs- und Wohngebäude getrennte Warmwasserheizungen, und einige Gebäude haben Warmluftheizung. Bei übermäßigem Heizdampfverbrauch öffnet sich selbsttätig ein Frischdampf-Zusatzventil, sobald der Speicherdruck auf 1,05 at abs sinkt; das Ventil schließt sich, wenn der Druck im Speicher 1,3 at abs erreicht.

Abb. 16. Abdampfheizung eines Hüttenwerkes.

Selbsttätige Überdruckventile öffnen sich, wenn zu wenig Abdampf entnommen wird und der Speicherdruck auf 1,4 at abs steigt. Die Anlage soll so zuverlässig arbeiten, daß man sie nicht besonders zu überwachen braucht. Der Wärmebedarf der an diese Heizanlage angeschlossenen Gebäude soll 9,5 Mill. kcal/h betragen.

Ein rheinisches Hüttenwerk versorgt in seinem Betrieb drei große Heizungen nur mit dem Abdampf von Dampfhämmern, Pressen und Scheren. Bei zwei Anlagen wird der gesammelte und entölte Niederdruckdampf in Heizkörpern und in großen Lufterhitzern für größere Werkstätten benutzt. Die dritte Anlage, die den Abdampf großer Schmiedepressen verwendet, hat man als Warmwasserheizung durchgebildet, damit sie möglichst geringen Gegendruck erzeugt.

Ein westfälisches Hüttenwerk versorgt ein Fernheizwerk mit dem Abdampf der Walzenzugmaschinen, s. Abb. 17 und 18. An das Heiznetz sind bereits 36 Gebäude angeschlossen, die rd. 13,5 Mill. kcal/h verbrauchen, und der Ausbau auf 20 Mill. kcal/h ist geplant. Der Abdampf verschiedener Maschinen gelangt zunächst in einen großen Dampfsammler und dann über einen Entöler in neun Warmwasserspeicher von je 2 m Dmr. und 4 m Höhe, wo er die Wärme an das Wasser abgibt. Ein Teil des Dampfes geht außerdem in zwei Rateau-Speicher, die Niederdruckturbinen speisen. Die Warmwasserspeicher versorgen mittels Kreiselpumpen, Abb. 19,

Abb. 15. Heizung des Verwaltungsgebäudes.
a Gegenstromwärmer. *b* Heizkörper *c* Ausdehnungsgefäß.

[1]) „Gesundheitsingenieur" Bd. 47 (1924) Nr. 15.

Verwendung des Abdampfes von Walzenzugmaschinen. Stündliche Leistung: 20 000 000 kcal.

Abb. 17 und 18.

Abb. 17 bis 21. Versorgung eines Fernheizwerkes durch den Abdampf von Walzenzugmaschinen.

das Heizrohrnetz, dessen Vor- und Rücklauflänge etwa 6 km beträgt. Die Geschäftsgebäude haben Warmwasserheizung, einzelne Werkstätten Warmluftheizung, s. Abb. 20 und 21; für Bäder, Waschkauen usw. wird das Wasser durch das umlaufende Heizwasser angewärmt.

Damit eine solche Anlage ohne Störung arbeiten kann und schädliche Rückwirkungen auf die angeschlossene Maschine vermieden werden, muß man letztere mit zuverlässigen Regelvorrichtungen versehen; selbsttätige Ventile müssen Frischdampf zusetzen, wenn der Abdampf den Heizbedarf nicht decken kann, und Sicherheitsventile müssen verhindern, daß Überdruck in der Leitung entsteht.

Normale Betriebsdampfmaschinen.

Arbeitet die Betriebsdampfmaschine mit Auspuff, so hat der Abdampf etwa 100°, und seine Verwendung zu Heizzwecken ist ohne Einfluß auf den Gang der Maschine und ihren Dampfverbrauch. Die Verwertung dieses Abdampfes bringt also stets Wärmegewinn. Fälle, wo Auspuffmaschinen noch ohne Abdampfverwertung arbeiten, gibt es immer noch. In den Krankenhäusern, die dauernd Wärme und Warmwasser brauchen und sich außerdem mit elektrischem Strom versorgen müssen, kann man sich wärmetechnisch kaum eine vollkommnere Lösung denken, als die Wärmeversorgung mittels des Auspuffs der Dampfmaschine; häufig kann man mit dem Abdampf nur den Warmwasserbedarf decken, sonst verwendet man ihn auch für reine Heizzwecke.

Die reine Kondensationsmaschine verbraucht beim Übergang zum Auspuffbetrieb mehr Dampf. Kann ihr Auspuffdampf bei der vom Betrieb geforderten Leistung für Heizzwecke voll ausgenutzt werden, so ist der Auspuffbetrieb wärmetechnisch das Richtigste. Bleibt dabei jedoch Abdampf im Überschuß, so sind andere Betriebsarten, z. B. Kondensationsbetrieb mit Ausnutzung des niedrig gespannten Abdampfes, oder teilweiser Kondensationsbetrieb mit Zwischendampfentnahme am Platz.

Mit Vakuumdampf kann man sowohl unmittelbare Dampfheizungen, als auch Dampf-Warmwasser- oder Dampf-Luftheizungen betreiben[1]). Es gibt heute verschiedene unmittelbare Dampfheizungen, worin Vakuumdampf bis auf 200 m Entfernung fortgeleitet wird und trotzdem der Verlust an Luftleere gegenüber reinem Kondensationsbetrieb nur 8 mm Q-S. beträgt. Richtige Bemessung und gute Abdichtung der Leitungen, Vermeidung ungünstiger Übergänge und gute Entwässerung sind allerdings notwendig.

Soll einer mit Kondensation arbeitenden Maschine Heizdampf von höherem als Kondensatordruck entnommen werden, so läge es am nächsten, die Maschine mit Gegendruck zu betreiben und auf das Arbeitsgefälle bis zur Kondensatorspannung zu verzichten. Das ist nur dann wirtschaftlich, wenn man den gesamten Arbeitsdampf auch mit dem erhöhten Enddruck zu Heizzwecken ausnutzen kann. In

Abb. 19. Pumpwerk des Fernheizwerkes, Abb. 17 und 18.

[1]) Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 2 (1921) S. 40.

sehr vielen Fällen entsteht jedoch dabei ein bedeutender Abdampfüberschuß. Dann muß man Zwischendampfentnahme wählen, d. h. der Maschine von dem Arbeitsdampf einen Teil mit dem Heizdruck entziehen und den Rest in der Maschine bis zur Kondensatorspannung weiter ausnutzen. Solche Anlagen sind in den letzten zwanzig Jahren in Deutschland in großer Zahl entstanden[1]). Die meisten liefern Heizdampf für industrielle Zwecke, man versorgt aber auch Raumheizungen in dieser Weise.

Im allgemeinen **schwanken** Kraft- und Heizbedarf eines Betriebes unabhängig von einander. Ist nur eine **einzige Betriebsmaschine** vorhanden, **so braucht** diese eine bestimmte Dampfmenge, die **größer oder kleiner als der Bedarf** an Heizdampf ist. Stellt man jedoch zwei oder mehrere Betriebsmaschinen auf, wovon eine mit Kondensation, die andre mit dem für den Heizzweck erforderlichen Gegendruck arbeitet, so kann man die Gegendruckmaschine so regeln, daß sie die gerade notwendige Heizdampfmenge liefert, während sich die Leistung der Kondensationsmaschine selbsttätig dem gerade herrschenden Kraftbedarf anpaßt; das ist die Heizmaschine mit vollkommener Abdampfwertung.

In einem großen Elektrizitätswerk kann man z. B. außer den mit Kondensation arbeitenden Hauptmaschinen eine mit Auspuff oder beliebigem Gegendruck arbeitende Heizmaschine aufstellen, die parallel auf das Stromnetz arbeitet. Die Heizmaschine beteiligt sich jedoch an der Stromerzeugung nur entsprechend der Dampfmenge, welche das an die Maschine angeschlossene Heißdampfnetz verbraucht. In dieser Weise werden die Fernheizwerke der Städte Hamburg und Kiel mit Heizdampf versorgt, Abb. 22 und 23[2]). In Hamburg hat man frühere Kondensationsmaschinen auf Auspuff umgestellt, und diese senden ihren Abdampf mit einigen Zehntel Atmosphären Überdruck in die Verteilnetze, woran die Niederdruck-Dampfheizungen unmittelbar, Warmwasserheizungen unter Einschaltung von Wärmeaustauschern angeschlossen sind. In Kiel liefert eine Gegendruckturbine den Abdampf; überschüssiger Abdampf wird in einer Niederdruckturbine weiter zur Krafterzeugung ausgenutzt. Das Hamburger Fernheizwerk hatte schon nach zwei Jahren einen Anschlußwert von 18 Mill. kcal/h und hat in den beiden letzten Heizperioden bereits je rd. 21 Milliarden kcal an die Wärmeabnehmer und 1,4 Millionen kWh an die Hamburger Elektrizitätswerke geliefert. Die Anschlüsse in Kiel betragen 14 Mill. kcal/h, wobei die größte Entfernung zwischen dem Werk und den Verbrauchern 1300 m beträgt.

Auf der gleichen Grundlage beruht die Abwärmeverwertung für die im Bau befindliche Heizung des Deutschen Museums in München, Abb. 24 bis 28. Die Dampfmaschinen des Muffat-Elektrizitätswerkes wurden auf Auspuffbetrieb umgestellt, und ihre Abwärme wird in Oberflächenkondensatoren an das Heizwasser für das Museum übertragen. Bei Stillstand der Maschinen wird das Warmwasser in Gegenstromvorwärmern mit Frischdampf erzeugt.

[1]) Z. Bayer. Rev.-V. Bd. 6 (1902) S. 46 u. f. Bd. 8 (1904) S. 183.
[2]) Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 137.

Abb. 20. Warmluftverteilung in einer großen Werkstatt.

Wärmefortleitung.

Über den Druckverlust und den Wärmeverlust bei der Fortleitung von Dampf und Wasser[1]) steht aus den letzten zwei Jahrzehnten eine ausgedehnte Literatur zur Verfügung, auf die verwiesen werden kann. Neben der richtigen Bemessung und Isolierung sind für die befriedigende Arbeitsweise einer Fernleitung wichtig:

1. Vermeidung zusätzlicher Druckverluste durch Ventile, Übergänge, scharfe Krümmungen.
2. Entwässerung der Dampfleitungen in der Richtung der Dampfströmung, Entlüftung der Wasserleitungen.
3. Aufnahme der durch die Temperaturänderung bedingten Längenänderungen.
4. Schutz der Rohrleitungen gegen äußere Einflüsse, insbesondere Feuchtigkeit und Anfressungen.
5. Beachtung des jährlichen Benutzungsfaktors beim Entwurf der Leitungen, damit bei Anlagen mit sehr veränderlichem Heizbedarf wirtschaftlich unberechtigte Anlagen vermieden werden.

Die wirklichen Verluste in den Verteilnetzen und die Benutzungsfaktoren größerer Fernheizwerke zeigen die Werte in Zahlentafel 2. In vier Hochdruck-Fernheizwerken für Kranken- und Pflegeanstalten wurden während des Winter- und des Sommerbetriebes die den Hauptleitungen zugeführten und die in den Fernleitungen, den Kondensatleitungen und in den Anschluß- und Verteilleitungen

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1014

Abb. 21. Lufterhitzer von Junkers.

verlorengegangenen Wärmemengen bestimmt. Während des Sommers sind die Heizungen außer Betrieb, die Fernleitungen müssen jedoch zur Versorgung von Koch-, Trocken-, Entkeim- und sonstigen Einrichtungen in Betrieb gehalten werden. Die Verluste sind daher in allen Fällen verhältnismäßig größer als während des Winterbetriebes.

Hätte man für die Anlage IV den nutzbaren Wärmeverbrauch im Sommer sowie die Leitungsverluste vorher bestimmt, so hätte man sicher die Unzulässigkeit des Sommerbetriebes erkannt. Wahrscheinlich sind auch bei manchen andern Werken dieser Art die unbefriedigenden wirtschaftlichen Ergebnisse auf zu große mittlere Verteilverluste zurückzuführen.

Was die technische Ausführung von Fernheizleitungen anlangt, so läßt sich aus verschiedenen, in den letzten Jahren erbauten Anlagen schließen, daß die heutige Technik der Rohrleitungen den schwierigsten örtlichen Verhältnissen gewachsen ist. Die Fernheizwerke großer Hütten, die Anlage in Hamburg u. a. haben gezeigt, daß auch recht schwierige Verhältnisse überwunden werden können. Namentlich hat die Entwicklung der Schweißtechnik die Herstellung solcher Leitungen erleichtert. Als Beweis für den hohen Stand der Wärmeschutztechnik kann man ansehen, daß man die Fernleitung unter dem Börsengebäude in Hamburg durch den Weinkeller führen konnte.

Abb. 22. Fernheizwerk Hamburg.

Zukunftsentwicklung.

Mit der Steigerung des Dampfdruckes steigt das Druck- und Temperaturgefälle, das für die Arbeitsleistung vor der Verwendung des Abdampfes einer Maschine zu Heizzwecken zur Verfügung bleibt. Damit wächst auch die Wärmeersparnis der

Abb. 24. Lageplan des Fernheizkanals Muffatwerk - Deutsches Museum, München.

Abb. 25. Schematische Darstellung der Warmwasserbereitung im Muffatwerk für die Beheizung des Deutschen Museums.

Zahlentafel 2. Ausnutzungsfaktor und Verluste von Hochdruck-Fernheizwerken.

Anlage		Täglich nutzbar gemachte Wärme kcal	vH	Tägliche Wärmeverluste kcal	vH
I	Winter	29 548 000	80	7 352 000	20
	Sommer	9 392 000	62	5 798 000	38
II	Winter	13 785 000	73	5 116 000	27
	Sommer	5 508 000	59	3 872 000	41
III	Winter	12 890 000	86	2 135 000	14
	Sommer	1 622 000	68	769 000	32
IV	Winter	6 582 000	78	1 851 000	22
	Sommer	75 700	14	485 200	86

Heizmaschine gegenüber der Kondensationsmaschine, d. h. die Heizmaschine liefert eine bestimmte Arbeit und eine entsprechende Heizwärme bei voller Abdampfverwertung mit geringerem Wärmeaufwand, als die Kondensationsmaschine bei Heizung mit Frischdampf.

An andrer Stelle[1]) habe ich nachgewiesen, daß der Gesamtwärmeverbrauch für eine bestimmte Kraft- und Wärmeleistung bei Verwendung der Heizmaschine sowie bei 60 at abs Anfangsdruck und 1,5 at abs Gegendruck um mehr als 30 vH geringer als bei der Kondensationsmaschine ist. Diese Ersparnis nimmt mit abnehmendem Anfangsdruck und zunehmendem Gegendruck ab. Die Möglichkeit, für eine gegebene Gesamtleistung nahezu ein Drittel an Wärme zu sparen, läßt es daher geboten erscheinen, der Errichtung von Heizkraftwerken Beachtung zu schenken.

Das Heizkraftwerk versorgt sein Gebiet mit Kraft und mit Wärme. Die Kraftmaschinen setzen den Dampf, der zu Heizzwecken mit verschiedenen Drücken abzugeben ist, zunächst in Arbeit um, die das Werk, wie bisher das Kraftwerk, abliefert. Soweit die Energie des Heizdampfes nicht genügt und der fehlende Strom nicht von Wasserkraftwerken geliefert werden kann, muß man Kondensationsmaschinen benutzen. Gerade der Heiztechnik dürften aus dieser Entwicklung große Aufgaben erwachsen. [B 896]

[1]) Z. Bd. 68 (1924) Nr. 39 S. 1009.

Abb. 23. Fernheizwerk Kiel.

Abb. 26. Längsschnitt durch den Heizkanal für das Deutsche Museum.

Abb. 27. Querschnitt zu Abb. 26.

Abb. 28. Warmwasserheizung des Deutschen Museums.

Maschinen- und Handarbeit.

Bericht aus der Tätigkeit des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit in Industrie und Handwerk.

(Schluß von S. 279.)

Berechnungsbeispiel.

Für eine Maschine mit einem Wirkungsgrad $\eta = 0{,}75$ und einem Riemen von 85 mm Breite, der mit einer Geschwindigkeit von $V_R = 3$ m/min aufläuft, ist der Spanquerschnitt zu suchen, der Maschine wie Werkzeug ausnutzt. Man verfolgt die Linie für die Riemenbreite 85 in Abb. 6 bis zum Schnittpunkt B mit der Ordinate für die Riemengeschwindigkeit von 3 m/min. Von B folgt man rechts abwärts der Schräge unter 45° bis zum Punkt C der Abszissenachse, geht von C senkrecht in das untere Netz bis zum Schnittpunkt D mit der Wagerechten für den Wirkungsgrad 0,75. Von da weiter unter 45° abwärts mit der die Leistung der Maschine angebenden Linie bis zum Schnittpunkt E mit der k_s-Linie, von E wieder senkrecht aufwärts bis zum Punkt F an der Abszissenachse und von F unter 45° aufwärts bis zum Schnitt G mit der Werkzeugkurve W_z. Von G aus findet man wagerecht nach links als Querschnitt 8 mm² und senkrecht nach oben als Schnittgeschwindigkeit 15 m/min.

Für den Kalkulator im Betrieb ist der Gebrauch dieses Diagramms ziemlich schwierig. Will man das V e r f a h r e n e i n f a c h e r gestalten, so muß man eine Bedingung herausnehmen und mehrere Diagramme dieser Art[1]) verwenden.

Man kann das Diagramm, Abb. 6, auch für andre Werkzeugstähle und andre Schneidenformen benutzen, wenn man die Kurve W_z, die der Leistungsfähigkeit des Werkzeugs entspricht, durch eine neue ersetzt. Ebenso müßte man, wenn sich z. B. infolge einer günstigen Schneidenform der spezifische Schnittdruck verringert, die k_s-Linie höher legen.

[1]) K. H e g n e r , „Lehrbuch der Vorkalkulation von Bearbeitungszeiten", S. 150, Julius Springer 1924.

(Der Maßstab für P ist mit 10 zu vervielfachen.)

Abb. 6. Ausnutzung von Maschine und Werkzeug

Das Diagramm ist nur bis zu Querschnitten von 50 mm² durchgeführt, weil Werkstücke, die größere Querschnitte aufnehmen können, in der Praxis selten vorkommen, vor allem aber nicht genügend fest eingespannt werden können. Zur Ausnutzung der Maschine muß man dann ein Werkzeug verwenden, das größere Schnittgeschwindigkeiten aushält, um wirtschaftlich zu verspanen[2]).

Für die einfachste Anwendung sind Werte aus dem Diagramm in Zahlentafel 2 zusammengestellt, die für den Gebrauch im Betrieb bestimmt sind[3]). Schon aus der Kurve W_z des Diagramms ersieht man, daß die Maschine bei kleinen Querschnitten nicht ausgenutzt wird, weil das Werkzeug die notwendige Schnittgeschwindigkeit nicht hergibt. Diese Werte sind in Zahlentafel 2 durch einen besonders dicken Strich abgetrennt.

Richtwerte für Schlichten, Gewindeschneiden, Bohren usw.

Wenn man Richtwerte für die Dreharbeit aufstellen soll, nach denen man die zu bearbeitende Fläche bis zu einer bestimmten Güte bearbeiten will, so muß man sich ganz auf Erfahrungen verlassen. In Betracht kommen hier folgende Arbeitsvorgänge: Drehen zum Schleifen, Schlichten ohne Passung, Schlichten mit Passung, Breitschlichten mit und ohne Passung, Spitzgewinde vor- und fertigschneiden, Trapezgewinde vor- und fertigschneiden, Bohren mit Bohrstahl, Bohren mit Spiralbohrer, Aufreiben.

Aus vielen eingesandten Angaben sind in Zahlentafel 3 einige zusammengestellt; die man als Richtwerte ansehen kann. Sie sind durch Versuche in Berliner Werken überprüft worden, so daß sie brauchbare Unterlagen für die Kalkulation abgeben. Zur Benutzung dieser Richtwerte dient die M a s c h i n e n k a r t e ; denn es ist nur ein Zufall, wenn die in der Zahlentafel enthaltenen Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten auf der vorhandenen Maschine eingestellt werden können. In der Regel muß man dagegen die Richtwerte auf die Verhältnisse der Maschine mit Hilfe der Maschinenkarte umformen. Die Benutzung sei an einem Beispiel gezeigt: Welche Drehzahl verlangt z. B. das Schruppen und nachfolgende Drehen zum Schleifen eines Wellenansatzes von 800 mm Länge und von 90 mm Rohdurchmesser, der auf 80 mm zum Schleifen vorzudrehen ist, auf der durch Abb. 7 gekennzeichneten Drehbank? Die Drehzahlen und Vorschübe der Drehbank sind hier auf der bekannten Maschinenkarte des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung verzeichnet. Weiterhin sind für verschiedene Drehzahlen die Riemengeschwindigkeiten V_R des auflaufenden Riemens ausgerechnet und eingetragen.

Nach Zahlentafel 2 ist für Maschinen mit 85 mm Riemenbreite

bei $V_R = 2$ m/min, $q = 3{,}5$ mm², $v = 21{,}7$ m/min,
$V_R = 2{,}5$ „ $q = 5{,}7$ „ $v = 17{,}5$ „
$V_R = 3$ „ $q = 8{,}3$ „ $v = 15$ „

Man hat nun zu prüfen, welche von den Schnittgeschwindigkeiten man am nächsten erreichen kann. Auf der Maschinenkarte, Abb. 7, ergibt die Linie $n = 61$ für 90 mm Drehdurchmesser die Schnittgeschwindigkeit 17 m/min. Also schruppt man auf der Stufe 255 mit Vorgelege 1 : 3. Der wirtschaftlichste Querschnitt für diese Schnittgeschwindigkeit ist 5,7 mm², die Spanhöhe $\frac{90-80}{2} = 5$ mm und der Vorschub $\frac{5{,}7}{5} = 1{,}14$ mm Umdr. Der auf der Maschine nächstliegende Vorschub ist 1,17 mm, die Laufzeit ist bei $n = 61$ und $s = 1{,}17$ ist nach der Maschinen-

[2]) s. W. H i p p l e r , „Die Dreherei und ihre Werkzeuge", Julius Springer 1923.

[3]) Zahlentafel 2 ist gekürzt; Auskunft über den Bezug aller Tafeln erteilt die Geschäftstelle des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a.

Zahlentafel 2.

Richtwerte[1]) für Schnittgeschwindigkeit und Spanquerschnitt
für das Schruppen von S.-M.-Stahl von 50/60 kg Festigkeit
unter gleichzeitiger Ausnutzung von Werkzeug und der Maschine

Richtwerte für Dreherei Nr. 1

Werkzeug: Schnelldrehstahl mit 16 vH Wolfram
Spanwinkel = 19°, Anstellwinkel = 6°
Einstellwinkel = 45°, Meißelwinkel = 65°

Als Wirkungsgrad der Maschine ist 0,75 angenommen

Breite des Antriebriemens . . . . . . mm		**60**			**70**			**85**			**100**			**120**			**150**	
Spezif. Riemenbeanspruchung p . . kg/mm		1,2			1,2			1,3			1,5			1,5			1,6	
Gesamtriemenbelastung . . . . kg/mm		**72**			**84**			**110**			**150**			**180**			**250**	
	V_R	Spanquerschnitt q mm² × Schnittgeschwindigkeit v m/min = Spanmenge qv cm³/min																	
		q	v	qv	q	v	qv	q	v	qv	q	v	qv	q	v	qv	q	v	qv
Querschnitt, Schnittgeschwindigkeit und Spanvolumen für Schruppen, bezogen auf eine Riemengeschwindigkeit V_R = 1 bis 6 m/min	1	0,6	30	18	0,7	30	21	1	30	30	1,5	30	45	2,1	26	55	3,9	20	78
	1,5	1	30	30	1,2	30	36	1,9	28	53	3,5	21	75	5,1	18,1	92	9,4	13,8	130
	2	1,4	30	42	1,9	27	51	3,5	21,7	76	6,6	16	106	9,6	14	134	17,6	10,7	188
	2,5	2,2	26	57	3,2	22	70	5,7	17,5	100	10,7	13,2	141	15,5	11,5	179	28,5	8,7	248
	3	3,3	22,5	74	4,5	19	86	8,3	15	126	15,8	11,2	177	23	9,7	222	43	7,4	318
	3,5	4,5	19	85,5	6,3	16,5	104	11,7	12,9	151	22,5	9,8	220	32,5	8,5	276			
	4	6	17	102	8,3	14,7	122	15,5	11,5	178	29,5	8,8	260	43	7,5	323			
	4,5	7,7	15,4	119	10,7	13,2	142	20,5	10,4	214	38	7,8	296	56	6,8	381			
	5	9,6	14	135	13,4	12,1	162	26	9,5	247	48	7,1	340	Die Werte über dem starken Strich ergeben nur die Ausnutzung des Werkzeuges.					
	6	14,2	12	170	20,5	10,3	211	38	7,8	296									

Die Benutzung der Richtwerte setzt stabile Werkstücke voraus.

Zahlentafel 3.

Richtwerte[1]) für Schnittgeschwindigkeit und Spanquerschnitt
für Drehen zum Schleifen, Schlichten, Gewindeschneiden und Bohren in der Dreherei

Richtwerte für Dreherei Nr. 2

Werkzeug: Schnelldrehstahl mit 16 vH Wolfram | a = Spantiefe in mm | v = Schnittgeschwindigkeit in m/min
Werkstoff: S.-M.-Stahl von 50/60 kg Festigkeit | s = Vorschub in mm/Uml. | q = Spanquerschnitt in mm²

Werkstück-Dmr.		**25**	**50**	**100**	**150**	**200**	**300**	**400**	**500**	**600**	
Drehen zum Schleifen bei a = 1 bis 2	v	27	27	27	27	27	27	27	27	27	—
	s	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	—
Schlichten ohne Passung bei a = 0,5	v	27	27	27	27	27	27	27	27	27	—
	s	0,1	0,1	0,1	0,12	0,15	0,15	0,18	0,2	0,2	—
Schlichten mit Passung bei a = 0,3	v	22	22	22	22	22	22	22	22	22	—
	s	0,1	0,1	0,1	0,12	0,15	0,15	0,18	0,2	0,2	—
Schlichten mit und ohne breiten Stahl	v	—	—	5	5	5	5	5	5	5	—
	s	—	—	2	2	3	3	4	4	4	—
Spitzgewinde vorschneiden	v[2])	8	8	8	8	8	8	—	—	—	—
„ fertig schneiden	v[2])	6	6	6	6	6	6	—	—	—	—
Trapezgewinde vorschneiden	v[2])	6	6	6	6	6	6	—	—	—	—
„ fertig schneiden	v[2])	4	4	4	4	4	4	—	—	—	—
Reiben mit Reibahle	v[2])	5	5	5	—	—	—	—	—	—	—
	s[2])	0,6	0,7	0,8	—	—	—	—	—	—	—
Schlichten mit Bohrstahl	v	20	20	20	20	20	20	20	20	20	—
	s	0,05	0,08	0,1	0,1	0,15	0,15	0,18	0,2	0,2	—
Vorbohren mit Bohrstahl	Dmr.	**20**	**25**	**30**	**50**	**80**	**100**	**130**	**150**	**180**	**200**
	v	18	19	20	23	20,6	19	16,6	15	12,6	11
	a	1,1	1,14	1,27	1,74	2,5	3,06	3,96	4,51	5,4	6
	s	0,2	0,21	0,22	0,23	0,28	0,32	0,38	0,43	0,52	0,6
	q	0,22	0,24	0,28	0,4	0,7	0,98	1,5	1,94	2,8	3,6
Bohren mit Spiralbohrer vom Reitstock aus vollem Werkstoff	Dmr.	**25**	**35**	**40**	**45**	**50**	**60**	**70**			
	v[2])	20	19	19	18	18	16	16	—	—	—
	s[2])	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	—	—	—

[1]) Die Werte gelten ohne Kühlung für eine Schnittdauer von 60 min; mit Kühlung sind die Werte um 25 vH zu erhöhen. Sie enthalten keinerlei Zuschläge und stellen die glatte Leistung von Maschine und Werkzeug dar, die für die Kalkulation zu sind.

[2]) mit Kühlung.

Beispiel für die Benutzung der Richtwerte des A.W.F. aus Zahlentafel 2 u. 3

Drehzahlen der Drehspindel						
Durchmesser u. Breite der Stufenscheibe der Antriebscheibe	300	255	210	85		
Nr. d. Stufe od. Schaltung						
ohne R. V.	134	185	264			
R. V. 1:3	42	61	86			
R. V. 1:10	13	18	26			
Riemen-geschwindigkeit V_R	2,15 m	2,45 m	2,9 m			

Vorschübe in mm für 1 Umdrehung						
Durchmesser u. Breite der Stufenscheibe der Antriebscheibe						
Nr. d. Stufe od. Schaltg.	I	II	III	IV		
Hebelstellung a	0,1	0,185	0,25	0,34		
b	0,46	0,63	0,86	1,17		
c	1,59	2,16	2,9	4,06		

Abb. 7. Beispiel für die Maschinenkarte einer Drehbank.

karte für je 10 mm 0,14 min, für 800 mm Drehlänge also 80 · 0,14 = 11,2 min.

Für das Drehen zum Schleifen eines Durchmessers von 80 mm ergibt Zahlentafel 3: $v = 27$ m/min, $s = 0{,}4$. Auf der Maschinenkarte, Abb. 7, findet man für 80 mm Drehdurchmesser und $n = 86$ als nächstliegende Schnittgeschwindigkeit 22 m/min, als nächstliegenden Vorschub 0,46. Die Laufzeit für 10 mm ist unter diesen Bedingungen 0,26 min, für 800 mm Drehlänge also 80 · 0,26 = 20,8 min. Für das Schruppen und das Drehen zum Schleifen braucht man also 11,2 + 20,8 = 32 min. Diese Zeit ist glatte Drehzeit ohne Zuschläge für allgemeine Verluste, deren Höhe von den Betriebsverhältnissen abhängt. In der Praxis kann man diese Ablesung bequem im Kopf ausführen.

Das Rechnen mit einem von den bekannten Rechenschiebern für solche Zwecke hat dagegen Nachteile Dem aus der Praxis stammenden Kalkulator ist es nicht leicht, sich in das richtige Schieberstellen einzufinden. Die Antriebkraft, den Wert von k_s und die Schnittgeschwindigkeit muß er nach eigenem Ermessen wählen. Die Richtwerte setzen dagegen an die Stelle des Ermessens des Einzelnen eine in der Kalkulation einheitlich allgemein verwendbare Grundlage.

Die hier gegebene Lösung der Aufgabe, Richtwerte für Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe zu schaffen, ist vom wissenschaftlichen Standpunkt aus sicher nicht einwandfrei. Die Verhältnisse in der Fabrikation sind aber stets verschieden, und es ist unmöglich, für jeden einzelnen Fall genaue Untersuchungen über die wirtschaftliche Fertigung, d. h. die wirtschaftlichste Schnittgeschwindigkeit und den wirtschaftlichsten Querschnitt anzuführen. Jedenfalls haben diese Arbeiten den Weg gezeigt, um später auch für andre Werkstoffe und Werkzeuge die gleiche Aufgabe zu lösen. Dieser Weg besteht aus folgenden Abschnitten:

1. Bestimmung der Ausnutzung von Werkzeug und Maschine;
2. Bestimmung des Schnittwiderstandes des Werkstückes;
3. Aufstellung entsprechender Richtwerte für verschiedene Werkstoffe;
4. Bildung von Richtwerten für die Arbeitsvorgänge, die nur von Erfahrungen abhängen.

Das eigentliche Verwendungsgebiet der Richtwerte ist die Reihen- und Einzelfertigung. Für die Massenfertigung muß man die günstigsten Querschnitte und Schnittgeschwindigkeiten durch Versuche feststellen. Aber auch hier kann man die obigen Richtwerte als Wegweiser ansehen und überall für die Rechnung benutzen, wo es unwirtschaftlich wäre, besondre Versuche anzustellen. Um die betriebswirtschaftlichen Erkenntnisse, die diese Untersuchungen geliefert haben, in weiteren Kreisen zu verbreiten, ist ein Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung (Refa) gebildet worden. Im übrigen werden die Arbeiten für schwierigere Fälle fortgesetzt. [B 780]

RUNDSCHAU.

Aus dem Ausland.

Dampfkraftanlagen.

Erfahrungen mit Kohlenstaubfeuerung im Kraftwerk Brunot Island.

Im Brunot Island-Kraftwerk der Duquesne Light Co. ist seit 22 Monaten ein Kessel mit Kohlenstaubfeuerung im Betrieb; die Verfeuerung von Staub aus Pittsburgkohle hat dabei eine Reihe günstiger Eigenschaften gezeigt, die in Zukunft bei der Auswahl von Feuerungen eine entscheidende Rolle spielen werden.

Die für den Entwurf und den Betrieb von Kesselanlagen wichtigsten Vorzüge der Kohlenstaubfeuerung sind:

1. Ohne besonders geschulte Mannschaft kann man hohen Kesselwirkungsgrad erzielen.
2. Die Verbrennung ist selbsttätig regelbar.
3. Da bewegte Teile in der Brennzone des Feuers fehlen, kann man eine Anlage lange Zeit ohne Ausbesserungen im Betrieb erhalten.
4. Die Wirkung der Kesselrohre wird durch Schlacke oder Asche nicht nennenswert beeinträchtigt.
5. Man erreicht hohe Verdampfleistung mit geringem Zugverlust, da geringer Luftüberschuß notwendig ist.

Der Kessel, Abb. 1, wurde im August 1922 auf Kohlenstaubfeuerung umgestellt und war seit dieser Zeit in regelmäßigem Betrieb, außer wenn Änderungen der Ausrüstung oder des Feuerraums zu Versuchszwecken nötig waren. Die Kohlenstaubanlage besteht aus einer Fünfwalzenmühle, Bauart Raymond, die Brenner, Zuführungsleitungen und den wassergekühlten Schlackenrost hat die Lopulco-Gesellschaft geliefert. Der Kessel hat rd. 765 m² und zuzüglich des Schlackenrostes rd. 780 m² Heizfläche.

Solange der Kessel Rostfeuerung hatte, wurde ein Überhitzer von 24 m² benutzt. Eine Zeitlang war dieser auch bei Kohlenstaubfeuerung in Betrieb, weil man Vergleichswerte über das Verhalten des Überhitzers bei den beiden Arten von Feuerung erlangen wollte. Um höhere Dampfüberhitzung zu erzielen, hat man später einen Überhitzer von rd. 96 m² eingebaut.

Die Rauchzüge waren zuerst nach Abb. 2 angeordnet und wurden später nach Abb. 3 umgebaut. Der Feuerraum hat über dem wassergekühlten Schlackenrost 105 m³ Inhalt, ein Rauchgasvorwärmer wird nicht verwendet, die Luftvorwärmung beschränkt sich auf die Wirkung der hohlen Feuerraumwände, durch die alle Verbrennungsluft geleitet wird.

Im Vergleich mit ähnlichen Kesseln mit Rostfeuerung hat die Anlage höhere Wirkungsgrade ergeben, ohne daß sie so sorgfältige Wartung und Instandhaltung wie ein Kessel mit Rostfeuerung gebraucht hätte, Zahlentafel 1.

Die Zahlentafel enthält Betriebsergebnisse des Kessels seit 1922, und zwar die Mittelwerte für die betreffenden Monate; der Wirkungsgrad bezieht sich auf den Kessel allein, ohne Abzüge für den Betrieb der Mahlanlage und der Feuerung.

Dem Vergleich zwischen Kohlenstaubfeuerung und Rostfeuerung, Abb. 4, liegen zwei Kessel der gleichen Anlage zugrunde. Beide haben drei Züge, der Kessel mit Rostfeuerung solche nach Abb. 2. Die Mitte der unteren Kesseltrommel liegt ungefähr 2,30 m unter Kesselhausflur, der Feuerraum hat etwa 60 m³ Inhalt. Die untere Trommel des Kessels mit Staubfeuerung liegt rd. 1,5 m unter Kesselhausflur.

Die Vergleichswerte gelten für eine Belastung von 21 bis 43 kg/m²h beim Kessel mit Staubfeuerung und für 34 kg/m²h Höchstleistung beim Kessel für Rostfeuerung. Im täglichen Betrieb werden die Unterschiede noch größer sein, da man bei Rostfeuerung den Betriebzustand nicht so genau einhalten kann wie bei Staubfeuerung. Auch der Kraftverbrauch der Hilfsmaschinen ist angegeben.

Auf Grund dieser Versuche in der gleichen Anlage und mit gleicher Kohle ergibt die Staubkohlenfeuerung zwischen 27 und 34 kg/m²h Heizflächenbelastung einen um 6 vH höheren Wirkungsgrad als die Rostfeuerung. Dieser Wert gilt aber noch für Kessel mit drei Feuerzügen. Bei vier Feuerzügen nach Abb. 3 dürfte der Kraftverbrauch der Hilfsmaschinen für die gleiche Belastung verhältnismäßig etwas geringer sein.

Beim Verbrennen der Kohle in Staubform erleichtert das Fehlen nennenswerter Wärmespeicherung im Feuerraum und die Regelbarkeit von Brennstoff- und Luftzufuhr die selbsttätige Regelung der Feuerung. Seit Mai 1923 arbeitet daher die Anlage fast nur selbsttätig; Handregelung wird nur benutzt, wenn man

Zahlentafel 1. Leistungen und Wirkungsgrade des Kessels, Abb. 1, im Betrieb.

Monat	Mittelwerte von		Wirkungsgrad
	Verdampfung	Abgastemperatur	
	kg/m²h	°C	vH
1922			
September	24,4	300	79,2
Oktober	26,4	308	77,2
November	27	303	78,4
Dezember	25,8	306	77,2
1923			
Januar	28	315	77,2
Februar	27,4	310	78,6
März	28,7	318	78,7
April[1])	24,3	273	79,0
Mai	22,4	260	81,1
Juni	23,2	260	80,7
Juli	23,2	262	81,7
August	21,8	265	80,9
September	23,4	269	80,0
Oktober	25,7	275	80,7
November	25,7	277	79,9
Dezember	22,8	274	81,8
1924			
Januar	24,8	268	80,9
Februar	24,3	269	79,6
März	24,3	230	77,4
April	24	259	80,8
Mai	26,3	267	80,1
Juni	26	265	80,1

[1]) Nach Einbau eines vierten Feuerzuges.

Abb. 1. Kessel für Kohlenstaubfeuerung im Brunot Island-Kraftwerk der Duquesne Light Co.
a Verbrennraum 105 m³
b Staubmühle
c Kreiselgebläse
d Staubzuführung.

Abb. 2. Ursprüngliche Anordnung mit drei Zügen.

Abb. 3. Spätere Anordnung mit vier Zügen.

Abb. 2 und 3. Rauchzüge des Kessels, Abb. 1.

Abb. 4. Vergleich zwischen Kohlenstaubfeuerung und Rostfeuerung an dreizügigen Kesseln.

Abb. 5. Verlauf der Abgastemperatur bei längerer Betriebzeit.

ohne Rücksicht auf den Dampfdruck mit gleichbleibender Leistung arbeitet oder wenn Feuerraum und Rohre entascht werden.

Infolge der erhöhten Wärmeentwicklung im Feuerraum kann die Temperatur bis auf den Schmelzpunkt der Asche steigen, so daß sie an den Seitenwänden herabfließt, was zwar unerwünscht, aber nicht bedenklich ist. Die Verbrennung regelt man so, daß sie sich der Belastung anpaßt, aber bei kleinen Belastungen mit weniger Luftüberschuß arbeitet. Es ist dann leichter, eine gleichmäßige Feuerraumtemperatur einzuhalten. In der gegenwärtigen Anordnung mit vier Zügen, wobei die Feuerraumtemperatur viel höher als bei drei Zügen ist, beträgt der Luftüberschuß bei 21 kg/m²h Kesselbelastung etwa 20 vH, bei 36 kg/m²h etwa 30 vH.

Ein wichtiger Vorzug der selbsttätigen Regelung ist, daß sie praktisch sofort anspricht; der Kessel kann also Belastungsstöße bewältigen, die sonst gewöhnlich eine Änderung des Kesseldrucks bedingen. Da an den heißen Stellen der Feuerung keine bewegten Teile vorhanden sind, kann man den Kessel länger als einen mit Rostfeuerung in Betrieb erhalten, wo bei entsprechender Belastung in viel kürzeren Zeitabständen Erneuerungen notwendig werden. Die Ausbildung der Zündgewölbe und andre Fortschritte werden wohl ermöglichen, mit Kohlenstaubfeuerung noch länger ohne Unterbrechung zu fahren.

Daß sich an den Kesselrohren weniger Schlacke und Asche ansammeln, ist für die Lebensdauer ebenfalls wichtig. An den Kesselrohren setzt sich nur ein leichter Überzug von feiner Asche oder Staub an, und die Blasvorrichtung hält sie so sauber, daß sich der Kesselwirkungsgrad und bei gleichem Luftüberschuß auch die Temperatur der Abgase praktisch unverändert erhält, siehe Abb. 5. Wenn der Kessel, nachdem er vollständig gereinigt worden ist, in Betrieb gesetzt wird, steigt die Austrittstemperatur der Abgase trotz des Abblasens der Rohre und bleibt erst nach etwa 25 Betriebstagen unverändert, solange die Belastung die gleiche bleibt.

Die Möglichkeit, die Heizfläche des Kessels leicht rein zu halten, verringert die sonst erforderlichen Stillstände und die Betriebskosten. Das Verhältnis zwischen Luft und Brennstoff läßt sich sehr genau beherrschen, und da man mit geringem Luftüberschuß arbeiten kann, so werden auch die Zugverluste geringer. Mit drei Rauchzügen wurde eine Leistung von 47 kg/m²h bei einem Zug von 25 mm W.-S. am Rauchgasschieber erreicht, mit vier Zügen eine Grenzbelastung von 41,5 kg/m²h; in beiden Fällen betrug der CO_2-Gehalt 16 vH, s. Abb. 6 und 7. („Power" 14. Oktober 1924 Bd. 60 S. 600.) [M 1004] Dipl.-Ing. Krull.

Abb. 6. Leistung bei drei Rauchzügen.

Abb. 7. Leistung bei vier Rauchzügen.

Werkzeugmaschinen.

Rundschleifen ohne Aufspannen.

Das neue amerikanische Rundschleifverfahren ohne Aufspannen (centerless grinding) hat bei vielen Besuchern amerikanischer Fabriken Aufsehen erregt. Bei diesem Verfahren liegt das Werkstück zwischen dem eigentlichen Schleifrad und dem Vorschubrad auf einem Support und erhält durch das Vorschubrad einen kreisenden und Längsvorschub, während das Schleifrad die kreisende Hauptbewegung ausführt, Abb. 8 und 9. Durch Schrägstellen des Vorschubrades um einen Winkel $a \leq 6°$, wobei man es um eine wagerechte Achse dreht, kann man dem Werkstück außer dem langsamen kreisenden Vorschub einen langsamen Längsvorschub in Richtung der Längsachse erteilen, ähnlich wie beim Schrägwalzen nach dem Mannesmannverfahren.

Bei diesem Schleifverfahren fällt das Aufspannen in einem Spannfutter, das Zentrieren und das Aufnehmen zwischen Spitzen fort; auch besondere Maßnahmen zum Abstützen der Werkstücke sind nicht mehr notwendig, da die Werkstücke unmittelbar an der Schleifstelle durch das Vorschubrad und die Auflageschneide abgestützt werden. Die Folge davon sind Ersparnis an Aufspann- und Griffzeiten, Abkürzung der eigentlichen Schleifzeiten, da man ohne Einbuße an Schleifgenauigkeit schwerere Schnitte nehmen und die Schleifzugabe auf das geringste Maß beschränken kann. Hiermit ist gleichzeitig eine Erhöhung der Lebensdauer der Schleifscheibe verbunden. Alles zusammen ergibt eine wesentlich billigere Arbeit.

Die Maschine der Cincinnati Milling Machine Co. eignet sich für alle Werkstücke mit zylindrischer, kegeliger oder sonst symmetrischer Außenfläche mit und ohne Ansätze. Kolbenbolzen, Lagerrollen, Wellen, Bolzen, Stangen, Rohre, Ventilstößel, Laschenbolzen, Werkzeugschäfte, Kugelbolzen usw. lassen sich mit der gewünschten Genauigkeit und mit erstaunlicher Arbeitsgeschwindigkeit rundschleifen. Zum Kegelschleifen wird die Schleifscheibe kegelig, zum Formschleifen entsprechend der Form des Schleifstücks abgerichtet. Kantige Stäbe lassen sich rund schleifen. Je nach Durchmesser und Material des Werkstückes kann man bei der Maschine 16 Geschwindigkeiten des Vorschubrades von 11 bis 442 Uml./min einstellen und dieses mit seinem Gehäuse bis um 6° nach der Seite schwenken. Beim Schleifen langer Stäbe kommt es z. B. sehr auf die richtige Geschwindigkeit und Neigung des Vorschubrades an, wenn man Schwingungen und Ungenauigkeiten verhüten will. Nach dem Durchgang durch die Maschine fallen glatte Schleifstücke ohne Ansätze nach hinten auf eine Rinne und in einen Behälter. Je nach dem Werkstoff, der erforderlichen Genauigkeit und der Schleifzugabe muß man den Schleifgang auch wiederholen. Zum Zustellen des Schleifstückes an die Schleifscheibe dient ein Werkstücksupport, der mit dem Vorschubradgehäuse auf einem Schlitten verschoben wird, wodurch man auch die Abnutzung der Schleifscheibe ausgleichen kann. Die Schleifstücke werden einfach zwischen die beiden Scheiben eingeführt und gleiten dann von selbst nach hinten weiter, doch kann man sie auch mittels Magazines zuführen. Glatte Werkstücke ohne Absätze ruhen oder gleiten auf einer Auflage, Abb. 10, die mit dem Vorschubgehäuse zusammen auf dem erwähnten Schlitten befestigt ist. Diese trägt eine Schneide und vier auf verschiedene Durchmesserbereiche einstellbare seitliche Führungswände, die parallel zur Berührungslinie zwischen Schleifstück und Vorschubrad verlaufen. Jedes seitliche Führungsstück kann man durch Schrauben für sich einstellen. Die Seitenführungen bestehen aus Schnellstahl; der der Abnutzung unterliegende Teil der Auflageschneide besteht aus elektrisch auf Stahl aufgeschweißtem Stellit. Zum Grobschleifen dient zweckmäßig eine Schneide mit flacher Auflage, zum Feinschleifen eine solche mit Messerschneidenauflage, die unter 45° abgeschrägt ist. Diese Werkstückauflage für glatte zylindrische Schleifstücke ohne Ansätze kann man schnell aus der Maschine herausnehmen und gegen eine Auflage für Stücke mit Ansätzen auswechseln, ohne den Werkstücksupport vom Schlitten zu lösen.

Für Stücke mit Ansätzen, die auf nicht mehr als 100 mm Länge rund zu schleifen sind, dient die in Abb. 11 gezeigte Werkstückauflage mit Endanschlag und Auswerfer. Dreht man den Hebel um 90°, so wird das Vorschubradgehäuse um ¾ mm zurückbewegt, so daß das Schleifstück auf die abgeschrägte Auflagenschneide gelegt werden kann. Legt man den Hebel wieder um, so wird das Gehäuse wieder vorwärts bewegt und mit dem Support gegen die Schleifscheibe gedrückt. Zum Einstellen auf den gewünschten Schleifdurchmesser dient eine Mikrometereinteilung. Um das fertig geschliffene Arbeitsstück nach vorn auszuwerfen, zieht man den Vorschubradschlitten wieder zurück und drückt mit der linken Hand auf den Auswerferknopf. Die Auswerfereinrichtung kann mit dem Hebel zwangläufig verbunden werden und wirkt dann selbsttätig.

Abb. 10. Werkstücksupport für glatte Arbeitsstücke.

Die Rundschleifmaschine wird entweder von der Transmission aus oder durch Elektromotor (10/15 PS, 1200/1500 Uml./min) durch Riemen oder durch geräuschlose Kette angetrieben, wobei eine Hauptwelle mittels Spannrollengetriebes die Schleifscheibenspindel sowie unter Vermittlung eines Räderkastens die Spindel des Vorschubrades antreibt.

Jedes Rad läßt sich mit einer besonderen Vorrichtung abrichten. Die Vorrichtung für die Schleifscheibe besteht aus einem Schwalbenschwanzschlitten, der an dem einen Ende in einem Scharnier gelagert, am anderen Ende mittels Schraube eingestellt werden kann. Der Diamant steckt in einer Hülse, die man mittels Mikrometerschraube senkrecht fein einstellt. Beim Drehen eines Handrades gleitet die Vorrichtung in dem Schwalbenschwanz über die Schleifscheibe. Während des Abrichtens wird der Diamant gekühlt.

Die Abrichtvorrichtung für das Vorschubrad ist ähnlich, nur muß man den Diamanten noch auf den Neigungswinkel der Vorschubradspindel und auf die Höhe der Mitte des Schleifstücks über der Mitte des Schleifrades einstellen. Daher ist die Abrichtvorrichtung um einen senkrechten Zapfen drehbar, und der Diamant exzentrisch verstellbar. Das Abrichten wird bei der höchsten Geschwindigkeit des Vorschubrades vorgenommen.

Auf der diesjährigen Leipziger Frühjahrsmesse hatte die Firma Naxos-Union, Frankfurt a. M., eine Präzisionsrundschleifmaschine mit Einscheibenantrieb ausgestellt, die mit einer zusätzlichen Einrichtung für spitzenlosen und selbsttätigen Rundschliff in ununterbrochener Reihenfolge ausgestattet ist. Die Maschine schleift kurze, zylindrische Teile, z. B. Kolbenbolzen, Ventilbolzen, Rollen, Stifte, Büchsen, Stehbolzen, Kolben für Preßlufthämmer usw. selbsttätig nach dem Durchlaufverfahren und mit Hilfe einer besonderen Werkstückauflage auch Arbeitstücke mit einseitigem Ansatz oder Bund; die Vorrichtung besteht in der Hauptsache aus einem zweiten Schleifrad in einem schwenkbaren Lager auf dem Tisch, einem an Stelle des Reitstocks ebenfalls auf dem Tisch sitzenden Sonder-Spindelstock zum Antrieb dieser Schleifscheibe, einer Werkstückauflage mit Untersatz und einer Zu- und Abführrinne für die Schleifstücke. [M 958]

Schiffs- und Seewesen.

Die selbsttätige Lotmaschine von Haynes

ist neuerdings auf Fahrgast- und Frachtschiffen auf den Großen Seen in Nordamerika eingeführt worden. Ihre Wirkungsweise beruht darauf, daß der Luftdruck, den die aus einem unten offenen Schlauch ausgepreßte Luft haben muß, gleich dem Wasserdruck sein muß, der an der Austrittstelle herrscht.

Die praktische Ausführung des Gerätes, das u. a. auf den neuen Fordschen Erzmotorschiffen und auf zwei großen Fahrgastschiffen eingebaut worden ist, besteht in einer Kabeltrommel *a*, Abb. 12, die in einen oberhalb der Wasserlinie liegenden Raum

Schleifrad
Werkstück
$D=500$ mm
75
75
$d=300$ mm
a
Schleifrad
Vorschubrad
Vorschubrad
RZ958Z1u2

Abb. 8 und 9. Werkstückanordnung beim Rundschleifen ohne Aufspannen

Abb. 11. Werkstücksupport für Werkstücke mit Ansätzen.

Abb. 12. Selbsttätige Lotmaschine von Haynes.
a Kabeltrommel *b* 150 m langer, sehr stark bewehrter Luftgummischlauch *c* selbstschreibendes Manometer

unter Deck eingebaut ist und einen etwa 150 m langen, sehr stark bewehrten Luftgummischlauch *b* trägt. Dieser Schlauch wird beim Messen der Tiefe durch ein Rohr aus dem Boden des Schiffes herausgeführt, der unten nach hinten erweitert ist, wodurch ein Abknicken des Schlauches während der Fahrt verhindert wird.

Die Druckluft wird durch einen elektrisch angetriebenen, neben der Trommel stehenden Verdichter erzeugt, der die Luft dem Schlauch durch die Achse der Trommel zuführt. Durch eine Zweigleitung wird der im Schlauch herrschende Druck an selbstschreibende Manometer *c* übermittelt, die im Kartenhaus stehen. Sobald der Druck unter einen gewissen Betrag sinkt, d. h. sobald die zulässige Mindestwassertiefe unterschritten wird, ertönt ein Alarmzeichen.

Das Lotkabel hat etwa 50 mm äußeren Durchmesser und besteht aus mehreren Lagen von Bewehrungen, die um den innenliegenden Gummischlauch *c* liegen, Abb. 13 und 14, zuerst einer Bewehrung, die abwechselnd aus Drahtlagen *a* und Stahlringen *b* besteht und verhindern soll, daß der Schlauch durch den Wasserdruck zusammengepreßt wird. Hierüber liegt eine aus 18 Seilen geflochtene Drahtseilbewehrung *d*, die eine Zugfestigkeit von etwa 18 000 kg hat. Als Schutz gegen scheuernde Beanspruchung beim Schleifen auf dem Meeresboden über Felsen und Wracks ist das Kabel mit einer äußeren Bewehrung aus harten Metallringen *e* versehen, die so ausgebildet sind, daß die Biegsamkeit des Kabels nicht leidet. Durch die Länge des Kabels ist die Meßtiefe natürlich beschränkt; während der Fahrt, wenn sich das Kabel infolge des Wasserwiderstandes naturgemäß krümmt, ist sie etwas geringer als die Kabellänge. Der Apparat hat den Vorteil, daß durch die Aufzeichnung der Wassertiefe im Schreibapparat eine dauernde und bleibende Nachprüfung der Wassertiefe und damit des gefahrenen Weges möglich ist. (Marine-Review Bd. 54 November 1924.) [M 54] C.

Der Weltschiffbau im Jahre 1924.

Wenn die vierteljährlich erscheinenden statistischen Zusammenstellungen von Lloyds Register of Shipping einen Schluß zulassen, hat die Lage im Weltschiffbau im Jahre 1923 ihren tiefsten Stand nach dem Kriege erreicht und im vorigen Jahre eine geringe Besserung erfahren, Zahlentafel 1. Es bleibt abzuwarten, ob es sich hierbei um eine bleibende Erscheinung handelt. In Deutschland jedenfalls hat sich die Lage des Schiffbaues in den letzten Jahren dauernd verschlechtert. Wurden 1922 noch 22,7 vH aller Schiffe in Deutschland gebaut, so sind es heute nur noch 12,5 vH gegen 16,6 vH im Vorjahre.

Es sind im Jahre 1924 im ganzen 924 Schiffe von mehr als 100 B.-R.-T. mit insgesamt 2 247 751 B.-R.-T. gebaut worden gegen 1 643 181 B.-R.-T. im Jahre 1923. Der Unterschied beträgt 604 570 B.-R.-T. und ist im wesentlichen durch eine Zunahme in England von 794 234 B.-R.-T. und eine Abnahme in Deutschland um 164 321 B.-R.-T. begründet. Auch in Amerika hat die Bautätigkeit abgenommen, namentlich an den Großen Seen. In Japan ist der Raumgehalt der Neubauten ungefähr gleich hoch wie im Jahre 1923.

Abb. 13 und 14. Lotkabel.
a Drahtlagen *b* Stahlringe *c* Gummischlauch
d Drahtseilbewehrung *e* harte Metallringe.

Die Statistik von Lloyds Register zeigt ferner, daß die Gesamtzahl der vom Stapel gelassenen Schiffe von 924 sich gliedert in 689 Dampfer (74,4 vH), 149 Motorschiffe (16,4 vH) und 86 Segelschiffe und Leichter (9,2 vH); davon entfallen auf Großbritannien und Irland 423 Dampfer mit 1 195 216 B.-R.-T., 50 Motorschiffe mit 237 458 B.-R.-T. und 21 Segelschiffe und Leichter mit 7211 B.-R.-T. Die größte Bautätigkeit in der Welt hat nächst England Deutschland entwickelt, obschon es nur etwa halb so viel Schiffe wie im vorigen Jahre hergestellt hat. Mit Dampfturbinen wurde hier kein einziges Schiff ausgerüstet. Ölmaschinen dagegen erhielten 29 Schiffe oder 20 vH des gesamten Motorschiffbaues. Auch hierbei steht Deutschland im Weltschiffbau an zweiter Stelle hinter England. [N 241] Js.

Wasserbau.

Bewegliche Notwehre für die Sault St. Marie-Schleusen.

Die wichtige Stellung, die der Handelsverkehr auf den großen nordamerikanischen Seen im industriellen Leben Amerikas einnimmt, wird nur wenig beachtet. An Rauminhalt ist dieser Verkehr größer als der Auslandshandel aller Seehäfen an der Küste der Vereinigten Staaten und viermal so groß wie der des Panamakanals, während die Frachtpreise ein Sechstel der aller Eisenbahnen der Vereinigten Staaten betragen.

Im letzten Jahre sind 65 Mill. t Eisenerze von den Bergwerken nach den Hochöfen, 34 Mill. t nach dem Westen und Nordwesten und über 11 Mill. t Getreide auf dem Wasserwege der großen Seen befördert worden. Ein notwendiges Glied dieses Beförderungsweges bilden der St. Marie-Kanal auf der amerikanischen Seite des St. Mary-Flusses und der Sault St. Marie-Kanal an der kanadischen Seite, beide zur Überwindung der Fälle im St. Mary-Fluß zwischen dem Oberen- und Michigan-See mit Schleusen von 6 m Gefäll ausgestattet. 75 vH der Eisenerzeugung der Vereinigten Staaten gehen durch diese beiden Kanäle und 10 000 t/h werden durchschnittlich durchgeschleust. Mehr als 400 Frachtfahrzeuge sind für die Beförderung dieser gewaltigen Gütermenge während der 8 bis 9 Monate dauernden Schiffahrtzeit im Betrieb, davon haben viele bis 15 000 t Ladefähigkeit.

Eine Unterbrechung dieses gewaltigen Wasserverkehrs würde natürlich — namentlich für die Eisenindustrie von unberechenbarer Tragweite sein. Die Schleusen sind zwar sehr kräftig gebaut, doch hat man Vorsorge getroffen, etwaige Schäden durch Unfälle aufs schnellste wieder zu beseitigen. Tatsächlich ist die Notwendigkeit, von Sicherheitsvorrichtungen Gebrauch zu machen, während des 70jährigen Schleusenbetriebes auf der amerikanischen Seite gar nicht, auf der kanadischen Seite nur einmal eingetreten.

Zahlentafel 1. Übersicht über den Weltschiffbau 1900 bis 1924, Br.-R.-T. Schiffe von mehr als 100 B.-R.-T.

	1900	1910	1913	1923	1924	Unterschied zwischen 1923 und 1924
Belgien	3 270	6 226	30 181	1 102	3 997	+ 2 895
Dänemark	11 060	12 154	40 932	49 479	63 937	+ 14 458
Deutschland	204 731	159 303	465 226	358 273	193 952	— 164 321
Frankreich	116 858	80 751	176 095	96 644	79 685	— 16 959
Großbritannien und Irland	1 442 471	1 143 169	1 932 153	645 651	1 439 885	+ 794 234
Kanada	6 967	14 601	26 744	37 072	29 815	— 7 257
Andre brit. Kolonien	2 596	11 742	21 595	4 191	15 064	+ 10 873
Holland	45 074	70 945	104 296	65 632	63 627	— 2 005
Italien	67 522	23 019	50 356	66 523	82 526	+ 16 003
Japan	4 543	30 215	64 664	72 475	72 757	+ 282
Norwegen	32 751	36 931	50 637	42 619	25 139	— 17 480
Schweden	5 735	8 904	18 524	20 118	31 211	+ 11 093
Spanien	2 572	3 234	8 488	4 488	3 859	— 629
Vereinigte Staaten: Küste	190 962	177 601	228 232	96 491	90 155	— 6 336
„ „ Große Seen	142 565	153 717	48 216	76 326	49 308	— 27 018
Übrige Länder	24 486	25 341	66 543	6 097	2 834	— 3 263
Zusammen:	2 304 163	1 957 853	3 332 873	1 643 181	2 247 751	+ 604 570

Trotzdem sind angesichts der Gefahr einer Störung dieses für das Land so ungeheuer wichtigen Verkehrs die Kosten für die Sicherung, weil sie sich über viele Jahre verteilen, tatsächlich gering und durchaus gerechtfertigt. Eine Gefahrmöglichkeit bietet der Bruch eines Schleusentores infolge Bedienungsfehlers oder Stoßes dagegenfahrender Schiffe. Solche Möglichkeiten ganz auszuschalten, ist nur möglich durch Maßnahmen, die den gewöhnlichen Schleusenbetrieb so verwickelt machen, daß sich dauernd Zeitverluste ergeben, die im ganzen weit größer werden, als einmal im Zeitraum mehrerer Jahre bei Eintreten eines Unfalls zu erwarten sind. Daher ist es zweckmäßig, eine Noteinrichtung zu treffen, die es gestattet, bei einem Unfalle der durch den Ausgleich der beiden Wasserspiegel hervorgerufenen Strömung innerhalb einer angemessenen Zeit Herr zu werden. Dieser Zweck wird gewöhnlich durch ein bewegliches Wehr erreicht.

Das erste, 1881 erbaute bewegliche Wehr bei Sault St. Marie zum Schutze der südlichsten Schleuse bestand aus einem ausschwenkbaren, durch einen Mittelpfeiler unterstützten Brückenträger mit drehbaren Nadeln, die an der Unterstromgurtung befestigt waren. Diese konnten in einer Führung hinabgelassen werden, bis sie sich gegen eine Querschwelle auf dem Flußboden stützten.

Das zweite Wehr, nach der Vertiefung des Kanals 1911 erbaut und dazu bestimmt, auch die nördlich anschließende Schleuse mit zu schützen, ist von ähnlicher Bauart, aber in den Einzelheiten mehr ausgebildet und wird elektrisch betätigt. Der einzige Fall, das Schutzwehr auf der kanadischen Seite benutzen zu müssen, wurde 1909 hervorgerufen durch ein infolge Maschinenbedienungsfehler gegen das Untertor fahrendes Schiff, wodurch das Tor zerstört wurde und in den Schleusen ein Strom von 4,55 m/s Geschwindigkeit entstand. Mit Hilfe eines beweglichen Dammes ähnlicher Art, wie die ausschwenkbare Vorrichtung an der amerikanischen Seite war es möglich, die Schleuse auszubessern und nach 13 Tagen wieder in Betrieb zu nehmen.

In den Jahren 1907 und 1909 wurden nördlich der beiden vorhandenen Schleusen auf der amerikanischen Seite zwei neue Schleusen dicht nebeneinander erbaut, und es mußte eine Notdammkonstruktion gewählt werden, die in einer Strömung von 4,55 m/s eingesetzt werden konnte, eine Öffnung von 24,36 m Weite und 7,43 m Höhe abschloß und in unbenutztem Zustande die Schiffahrt nicht störte. Zunächst hatte man angenommen, daß die Anordnung von je zwei Paar Toren an beiden Enden derart, daß niemals weniger als zwei Tore gegen das Oberwasser kehren, gegen ernste Unfälle genügenden Schutz gewährte. Die Rücksicht auf die Anforderungen infolge der steigenden Verkehrsbedeutung führte jedoch dann dazu, ein Wehr zu errichten, das obigen Bedingungen genügte.

Abb. 15 bis 17. Bewegliche Notwehre mit abnehmbaren Rahmen und Nadeln an den St. Mary-Fällen, V. St. A.

a Schutztafelbrücke *b* Schutztafeln *c* Schleusenstemmtore *d* Betriebsbrücke mit Winde *e* Brücken außer Betrieb, gelagert *f* Nadeln außer Betrieb, gelagert *g* Schutztafeln außer Betrieb, gelagert *h* Schutzraum für den Maschinenantrieb *i* Angriff des Kranes zum Einhängen der Schutztafeln *k* Windekabel zum Niederlassen der Schutztafeln *l* Wippkran.

Möglich war entweder ein Wehr nach der Bauart Chanoine, das bei Nichtgebrauch in einer Vertiefung im Boden des Schleusenkanales Platz fand, oder eine Bauart, die von der Trennungsmauer zwischen den beiden Schleusen aus bedient werden konnte. Eine ausschwenkbare Vorrichtung über beide Schleusen hinweg, die auf der Trennungsmauer unterstützt war, hätte rd. 91,20 m überspannen müssen und würde bei Beschädigung einer Schleuse auch die andere gesperrt haben. Es wurde deshalb eine Bauart mit zwei beweglichen Brücken gewählt, die abnehmbare Rahmen und Nadeln hat, Abb. 15 bis 17. Die ganze Einrichtung wird auf der Trennungsmauer gelagert und mittels je eines schweren Wippkranes an jeder Seite der Zwischenmauer bedient. Eine Unterstrombrücke trägt an der Oberkante des Untergurtes ihres Oberstromträgers kurze Zapfen zur Aufnahme der oberen Enden der Nadelrahmenträger. Eine zweite leichte Brücke, 10,4 m oberhalb der ersteren, trägt eine fahrbare Winde für die Handhabung der unteren Enden der Nadelrahmen. Die Nadelträger sind 0,912 m breite Stahlträger mit seitlich liegendem U-förmigen Querschnitt und einer Mittelrippe aus einem I-Träger. Der Fuß des Nadelträgers stützt sich gegen eine Eichenschwelle in einer Betonmauer, die sich über die ganze Breite der Kanalsohle erstreckt. Zur weiteren Dichtung dienen Stahlnadeln. Wenn das Nadelwerk eingesetzt werden soll, nimmt zunächst der Kran an der Seite, wo das Einsetzen erfolgen soll, die schwere Nadelrahmenbrücke auf und legt sie auf ihre Widerlager, sodann die leichte Brücke für die Winde. Sind die Brücken an ihrem Platze, so wird ein Nadelrahmen nach dem andern durch den Kran in wagerechter Lage zwischen die beiden Brücken eingeschwenkt, mit dem oberen Ende auf den Drehzapfen herabgelassen und aufgelegt sowie am unteren Ende mit dem Kabel der Winde verbunden. Mit Hilfe der Winde werden dann die Rahmen, die sich um den Zapfen drehen, bis zum Aufliegen an der Sohlschwelle herabgelassen. Ebenso werden die Nadeln eingesetzt. Etwa verbleibende Undichtigkeiten können durch Holz oder andre Stoffe gedichtet werden, wenn es noch nötig sein sollte. Die Brücken wiegen je 82 und 20 t bei rd. 30 und 33 m Spannweite. Die Wippkrane haben 16,1 m hohe Masten, 32,5 m lange Bäume und 21,6 m lange Stützen. Jeder wird mit einer besonderen Dampfmaschine angetrieben. („Engineering News-Record“, Bd. 23 (1924) Nr. 17.) [M 1009] Bu.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Die Kreiselpumpen. Von C. Pfleiderer. Berlin 1924, Julius Springer. 395 S. m. 355 Abb. Preis Gm. 22,50.

Die wissenschaftlichen Fragen, die mit dem Kreiselpumpenbau zusammenhängen, sind in der Literatur der letzten Jahre sehr stiefmütterlich behandelt worden. Bevorzugt wurden einerseits vorwiegend die aerodynamischen Fragen, anderseits die Aufgaben über Schnelläuferturbinen, obwohl die mit Kreiselpumpen sich beschäftigende Industrie und die Anwendungen dieser Pumpenart bereits einen viel größeren Umfang angenommen haben, als nach außen in die Erscheinung tritt. Demgegenüber ist es sehr zu begrüßen, daß durch die vorliegende Abhandlung zum erstenmal eine erschöpfende Darstellung der wissenschaftlichen Grundlagen gegeben wird, die der Konstrukteur und Forscher bei der Behandlung dieser Art von Kreiselmaschinen braucht. Der Verfasser hat in einer sehr sorgfältigen Arbeit die einzelnen zum Teil sehr verstreuten Studien auf diesem Gebiet zusammengestellt und sie zu den theoretischen Grundlagen in Beziehung gesetzt, die uns die neueren Forschungen auf dem Gebiet der Strömungslehre geschaffen haben.

Eine kurze, sehr übersichtliche Einführung in dieses Gebiet bildet den ersten Teil des Buches. Daran anschließend werden zunächst auf Grund der älteren Stromfadentheorie die rechnerischen Einzelheiten der Kreiselpumpen erörtert und insbesondere eine sorgfältige Darstellung der Einzelverluste gegeben. Im weiteren Verlauf sind auch die neuesten Verfahren, insbesondere zur Berechnung schnellaufender Pumpen mit niedriger Druckhöhe eingehend erörtert und die durch die Untersuchungen von Prandtl, von Kármán, Kucharski usw. gewonnenen Ergebnisse auf die Untersuchungen der Kreiselarbeitsräder angewendet. Naturgemäß steckt die Entwicklung hier erst in den Anfängen. Aber es eröffnen sich verheißungsvolle Ausblicke zu einer wirklich wissenschaftlichen Behandlung der Kreiselpumpentheorie, die an die Stelle der bisherigen, mehr empirischen Verfahren der Industrie treten muß, wenn nach dem Stillstand der letzten Jahre ein ernstlicher Fortschritt erzielt werden soll. Als ein dringender Mangel muß bei dem Studium des Buches das Fehlen wirklich umfassender wissenschaftlicher Versuche angesehen werden, deren Durchführung zum Besten der Kreiselpumpenindustrie gewünscht werden muß. Eine eingehende Behandlung der konstruktiven Einzelheiten bildet den zweiten Teil des Werks, wo vielleicht noch eine größere Zahl bewährter Ausführungen hätte Aufnahme finden können. Die Vielseitigkeit in der Konstruktion und Anwendung der Kreiselpumpen und die überaus großen praktischen Erfolge kommen hier meines Erachtens noch nicht genügend zum Ausdruck.

Naturgemäß werden sich bei einem so schwierigen Arbeitsgebiet dessen Entwicklung sich zurzeit in theoretischer Beziehung vollkommen im Fluß befindet, über manche Einzelheiten und Annahmen abweichende Anschauungen äußern. Das bedeutet aber für den Wert des Buches keinen Nachteil. Der Verfasser darf das Verdienst für sich in Anspruch nehmen, daß er durch seine zusammenhängende Darstellung eine ausgezeichnete Übersicht über die Gesamtheit der Fragen gegeben hat, und jeder Forscher und Konstrukteur, der sich mit Kreiselpumpen beschäftigt, wird in dem Buche reiche Anregung finden. Die Ausstattung mit Text und Figuren zeigt die gewohnte vorzügliche Arbeit des Verlages. [E 170] Prof. Dr.-Ing. E. Heidebroek.

Die Baumaschinen. IV. Teil des Handbuches der Ingenieurwissenschaften 2. Bd. 1. Kapitel. Das Tiefbohrwesen. Bearbeitet von A. Schwemann, ord. Professor, Geh. Bergrat und Bergwerksdirektor a. D. in Aachen. Leipzig 1924, Wilhelm Engelmann. 136 S. m. 272 Abb. Preis geh. Gm. 9, geb. Gm. 10.

Jede Bautätigkeit setzt die Kenntnis der Bodenarten, auf die gegründet oder die bewegt werden sollen, voraus. Ein Handbuch über Baumaschinen, das auf Vollständigkeit Anspruch erhebt, muß also auch die Geräte enthalten, die für derartige Untersuchungen nötig sind. Fraglich ist es schon, ob die Gewinnungsbohrungen für Bauingenieure so breit dargestellt werden müssen, wie es der Verfasser getan hat. Vermißt werden unter den „Hilfsbohrungen" die bei zahlreichen Gründungen benutzten Bohrungen für die Grundwasser-Absenkungsbrunnen. Die Darstellung beginnt mit einer Begriffsbegrenzung der Tiefbohrungen, faßt kurz, dem Zweck entsprechend, die zu durchteufenden Gebirgsarten zusammen, um dann sofort die Bohrgeräte zur Bearbeitung der Deckgebirgsschichten zu bringen. Nach den Einzelheiten des drehenden Bohrens erscheinen die Werkzeuge für stoßendes Bohren, Rammbohren usw.

Der dritte große Abschnitt behandelt die Tiefbohrungen bei festen Gesteinschichten, das Stoßbohren mit steifem Gestänge und den Freifall. Beim Gestänge fällt die Vorliebe des Verfassers für Schraubenverbindungen auf. Blattverschlüsse, die der eigentliche Baubetrieb bevorzugt, fehlen. Desgleichen wird mancher Bauingenieur einige Worte über die Behebung der Schwierigkeiten beim Durchteufen von Deckgebirgsschichten mit großen Findlingseinlagen vermissen. Gerade hier verursacht die Wegräumung, soweit die Steine nicht von der Schlammbüchse aufgenommen werden können, dem Bauingenieur oft viel Kopfzerbrechen.

In den weiteren Kapiteln kommen deutlich die Schwierigkeiten zum Ausdruck, die einer geordneten Darstellung des Tiefbohrwesens entgegenstehen. Der Leser erhält eine verwirrende Fülle von Eindrücken, die bald nach technischen, bald nach chronologischen Gesichtspunkten geordnet werden müssen, um anschaulich zu wirken. Hier macht sich der Mangel einer vernunftgemäßen Normung recht unangenehm bemerkbar. Vielleicht hätte diese Schwäche noch deutlicher unterstrichen werden können, um die Verbraucherkreise und die Lieferanten zu einem energischeren Vorgehen auf diesen Gebieten zu veranlassen. Die Schwierigkeiten werden allerdings, wie bei allen Geräten, die nur auf dem Boden der reinen Praxis gewachsen sind und oft Liebhaberkonstruktionen darstellen, recht bedeutend sein. Wohl für alle Zwecke findet der Leser ein passendes Sondergerät. Das Seilbohren, Spülbohren, Schnellschlagbohren, Seilschlagbohren, die drehenden Bohrverfahren wie Kronenbohren, Schrot-, Diamantbohren usw. werden eingehend behandelt. Sehr beachtenswert sind die vielleicht nur heute noch bedeutungslosen Spülbohrgeräte für unmittelbaren Antrieb durch Druckluft, Wasser und Elektrizität. Der Verfasser unterzieht sich hier der dankenswerten Aufgabe, Anregungen zur Weiterentwicklung für die Zukunft zu geben.

Die Bohrgerüste, Verrohrungen, Beseitigungen von Störungen mit ihren zahllosen Fangvorrichtungen folgen. Zur Vervollständigung ist ein Kapitel über die Gewinnung von Flüssigkeiten und Gasen aus Bohrlöchern angeschlossen, obwohl der Bauingenieur kaum in die Verlegenheit kommen dürfte, davon Gebrauch zu machen. Das Verdämmen der Bohrlöcher, die Meßeinrichtungen und die behördlichen Beschränkungen beschließen die umfassenden Ausführungen des Verfassers. Der Tiefbohrtechniker wird das Buch gern zur Hand nehmen, zumal ihm ein umfangreicher Literaturnachweis jederzeit ermöglicht, sich über weitere Einzelheiten zu unterrichten. [E 858] Dr. Garbotz.

Holzbrücken aus Rundträgern. Von Ing. Dr. Leo Hauska, a. o. Professor a. d. Hochschule f. Bodenkultur in Wien, und Tejiro Miura, Professor an der Hochschule für Land- und Forstwirtschaft in Morioka, Japan. Wien 1924, Carl Gerolds Sohn. 20 S. m. 19 Abb. und 2 Tabellentafeln.

Die Verfasser empfehlen für eine rationelle Verwendung der Holzträger im Brückenbau die Rundträger, d. h. nur teilweise bearbeitete Rundhölzer, weil bei ihnen der geringste Verlust am Widerstandsmoment gegenüber dem Rundholz eintritt, anderseits die Bearbeitungskosten gegenüber dem scharfkantig behauenen Träger auf ein Mindestmaß herabsinken, und trotzdem die für eine gute Konstruktionsverbindung notwendigen Auflagerflächen vorhanden sind. Die Berechnung wird nach einer Einheitsformel durchgeführt, die für sämtliche Rundträger, sowohl für Einzelträger wie für zusammengesetzte Träger, unabhängig von der Art und Größe der Bearbeitung, Anwendung findet. Auf Grund der bekannten Beziehung zwischen Biegungsmoment, Widerstandsmoment und zulässiger Biegungsspannung ist dann für sämtliche Tragwerkkonstruktionen aus Rundträgern eine einheitliche Tafel aufgestellt, aus der die Querschnitte, und zwar des ein-, zwei- oder vierseitig behauenen Stammes, entnommen werden können. Für die einzelnen Tragwerkarten wird der Rechnungsgang angegeben und ein Beispiel durchgerechnet. Am Schluß sind die Vorteile der Verwendung von Rundträgern im Bau hölzerner Brücken gegenüber scharfkantig behauener Träger zusammengestellt. Durch eine Reihe von Quer-, Längs- und Wagerechtschnitten ist die Konstruktion der durchgerechneten Beispiele, die im Bereich der Bundes-Forst- und Domänendirektion Wien ausgeführt zu sein scheinen, in erwünschter Weise erläutert.

Es kann nur begrüßt werden, daß die Verfasser auf die Vorteile der Verwendung von Rundhölzern, die nur wenig behauen sind, durch ihr Heftchen hinweisen das Vertrauen zu diesen Trägern durch die durchgerechneten Beispiele stärken und die Anwendung durch die Rechnung erleichternde und durch beschleunigende Tafeln fördern. Wenn auch die vorteilhafte Verwendungsmöglichkeit solcher Rundträger nach unserer Meinung nicht imstande sein wird, die Verwertung des Holzes im Brückenbau überhaupt zu steigern, so wird sie doch überall, wo Holzbrücken ohnehin in Frage kommen, zu sehr erwünschten Ersparnissen führen können und sollte deshalb in unserer Zeit, die sich auf größte Wirtschaftlichkeit in allen Dingen einstellen muß, in allen solchen Fällen volle Beachtung finden.

Dem leichteren Verständnis würde es dienen, wenn hinsichtlich der Herkunft der Einheitsformel nicht auf eine andere Stelle verwiesen, sondern die Herleitung kurz mitgeteilt worden wäre. Die Berechnungen sind im übrigen übersichtlich und leicht verständlich. Die Abbildungen sind klar und lassen bis auf die Deutlichkeit der eingeschriebenen Zahlen und Buchstaben nichts zu wünschen übrig. [E 134] Bu.

Mehrstielige Rahmen; gebrauchsfertige Formeln zur Berechnung mehrfach statisch unbestimmter rahmenartiger Stabsysteme. Von Prof. Dr.-Ing. Kleinlogel. Berlin 1924, Wilhelm Ernst & Sohn. 425 S. m. 909 Abb. Preis geh. Gm. 24, geb. Gm. 26.

Das Buch bildet eine wertvolle Ergänzung zu des Verfassers Buch über gebrauchsfertige Formeln zur Berechnung von einfachen Rahmen. Bei Entwurf- und Konstruktionsarbeiten erhält man dadurch das schon lange gewünschte Mittel, um ohne langwierige theoretische Untersuchungen auch mehrfach statisch unbestimmte Systeme schnell mit praktisch ausreichender Genauigkeit erfassen zu können.

Wie in dem früheren Buch geht der Verfasser von einfachen zu verwickelten Systemen über. Für 16 verschiedene Rahmenformen werden die Formeln der Einflußlinien, Momente, Auflagerdrücke und Querkräfte infolge von Strecken-, Einzel- und Windlasten sowie infolge von Temperaturschwankungen aufgestellt. Die beiden ersten Kapitel behandeln zweifeldrige Rahmen mit einer lotrechten Stütze, die nächsten solche mit zwei lotrechten Stützen. Dann folgen drei- und vierfeldrige Rahmen mit drei und vier lotrechten Stützen von symmetrischen und unsymmetrischen Formen. Schließlich werden drei- und vierstielige Hallenrahmen und Stockwerkrahmen, aber nur für zwei übereinanderliegende Stockwerke behandelt. Drei und mehrstöckige Rahmen werden hoffentlich bald folgen. Den Schluß bilden rechteckige zwei- und dreifeldrige Silozellen.

Druck und Ausstattung sind einwandfrei. Das Buch sollte in keinem Baukonstruktionsbureau fehlen, da es für nicht mehr selten vorkommende Rahmengebilde ein handlicher und recht brauchbarer Behelf ist. [E 161] Dr.-Ing. Rudolf Bernhard.

Franz Reuleaux und seine Kinematik. Von Dipl.-Ing. Carl Weihe. Berlin 1925, Julius Springer. 100 Seiten mit 4 Abb. Preis geb. Gm. 3.

Nach seinen Biographien Max Eyths und M. M. von Webers hat Weihe uns jetzt das Lebenswerk Reuleaux' beschrieben und sich besonders bemüht, seine Kinematik uns nahe zu bringen. Die scharfe begriffliche Erfassung, die sich überall in Reuleaux' Arbeiten findet, die geistreiche wissenschaftliche Darstellungsweise hat neben ihrem Inhalt seinen Arbeiten eine weit über die Kreise der Technik hinausgehende Beachtung erworben. Reuleaux' hervorragende wissenschaftliche Bedeutung, seine Kunst der Darstellung haben viel dazu beigetragen, daß man auch bei den Vertretern der reinen Wissenschaften langsam anfing, im Maschinenbau etwas mehr zu sehen als handwerkliche Betätigung. Die Kinematik war Reuleaux der Weg, um den Maschinenbau von der Empirie zur wissenschaftlichen Betrachtungsweise zu führen. Zwar geht die technische Wissenschaft heute meist andere Wege als Reuleaux für richtig hielt; doch Reuleaux' Gedanken sind wertvoll genug, auch heute noch von schaffenden Ingenieuren beachtet zu werden. [E 141] Hä.

Eisenbahnwesen. Die eisenbahntechnische Tagung u. ihre Ausstellungen 1924. Sonderausgabe der Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure. Berlin 1925, VDI-Verlag. 617 S. m. zahlr. Abb. Preis Gm. 28.

Der Wärmeingenieur. Von Julius Oelschläger. 2. vervollk. Aufl. Leipzig 1925, Otto Spamer. 572 S. m. 364 Abb. u. 9 Taf. Preis geh. Gm. 21, geb. Gm. 24.

Das technische Eisen. Konstitution u. Eigenschaften. Von Paul Oberhoffer. 2. verb. u. verm. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 598 S. m. 610 Abb. Preis Gm. 31,50.

Werkstattbücher. Herausg. v. Eugen Simon. H. 16: **Reiben u. Senken.** Von J. Dinnebier. 61 S. m. 214 Abb. H. 17: **Modelltischlerei.** Von Richard Löwer. T. 2: Beispiele von Modellen und Schablonen zu Formen. 48 S. m. 163 Abb. H. 18: **Technische Winkelmessungen.** Von G. Berndt. 75 S. m. 121 Abb. H. 19: **Das Gußeisen.** Von Joh. Mehrtens. 66 S. m. 15 Abb. H. 20: **Festigkeit u. Formänderung.** Von H. Winkel. 68 S. m. 67 Abb. Berlin 1925, Julius Springer. Preis je Heft Gm. 1,50.

Mitteilungen des Deutschen Wasserwirtschafts- und Wasserkraft-Verbandes E. V. Nr. 7: **Das preußische Wasserbuch.** 38 S. Preis Gm. 1. Nr. 8: **Wasserkraft und Vermögenssteuer.** Von Leo Sternberg. 24 S. Preis Gm. 1,50. Berlin-Halensee 1925, Deutscher Wasserwirtschafts- u. Wasserkraft-Verband.

Handbuch der Mineralchemie. Herausg. v. C. Doelter. Dresden und Leipzig 1924, Theodor Steinkopff. Bd. 3. S. 481 bis 640. Preis Gm. 7,50.

Lötrohrprobierkunde. Von Carl Krug. 2. verm. u. verb. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 74 S. m. 30 Abb. Preis Gm. 3.

Das Rotorschiff und seine physikalischen Grundlagen. Von J. Ackeret, mit einem Vorwort von L. Prandtl. Göttingen 1925, Vandenhoeck & Ruprecht. 48 S. m. 44 Abb. Preis Gm. 1,80.

Der Fernsprechverkehr als Massenerscheinung mit starken Schwankungen. Von G. Rückle u. F. Lubberger. Berlin 1925, Julius Springer. 150 S. m. 19 Abb. Preis geh. Gm. 11, geb. Gm. 12

Hydromechanik. Eine Einführung mit durchgerechneten Aufgaben und Beispielen. Von M. Samter. Charlottenburg 1925, Robert Kiepert. 94 S. m. 116 Abb. Preis Gm. 3,20.

Von der Faser zum Gewand. Blick in die Verarbeitung der Textilrohstoffe. Von Hans Wolfgang Behm. Stuttgart 1925, Franckschc Verlagshandlung. 76 S. m. 37 Abb. Preis geh. Gm. 1,20, geb. Gm. 2.

Der Werkzeugmacher. Lehrhefte für Metallarbeiter. H. 6: **Gewindeschneidwerkzeuge.** Von Hans Rohde. 48 S. m. 65 Abb. H. 8: **Meßwerkzeuge.** Von Hans Rohde. 84 S. m. 126 Abb. Berlin 1925, Carl Pataky. Preis H. 6: Gm. 0,75, H. 8: Gm. 1.

Die Unfallverhütung im Bilde. 50 Tafeln zur Verhütung von Unfällen. Bearb. von der Tiefbau-Berufsgenossenschaft. 2. verb. Aufl. Berlin 1925, Reimar Hobbing. Preis Gm. 12.

Formeln und Tabellen aus dem Gebiete der Funktechnik. Von Wilhelm Spreen. Berlin 1925, Julius Springer. 72 S. m. 34 Abb. Preis Gm. 1,65. (Bibliothek des Radio-Amateurs Bd. 12.)

Föreningen för Kraft-och Bränsleekonomi. Berättelse över Föreningens Verksamhet under ar 1923. Helsingfors 1924.

A popular History of American Invention. Edited by Waldemar Kaempffert. Vol. 1: Transportation, Communication and Power. 577 S. m. zahlr. Abb. Vol. 2: Material Resources and Labor-Saving Machines. 457 S. m. zahlr. Abb. New York-London 1924, Charles Scribners Sons. Preis zusammen £ 3-3-0.

E-O-Jahrbuch 1925. Handbuch für Handel und Industrie in Kleineisenwaren, Metallwaren u. Werkzeugen. Bearb. v. Richard Brauns. Herausg. vom „Eberswalder Offertenblatt". 776 S. m. versch. Abb. Preis Gm. 12.

Führende Männer. Von Heinrich Wiesenthal. Bd. VI: Graphische Techniker. 64 S. m. einz. Abb. Bd. VII: Industrielle. 64 S. m. einz. Abb. Bd. VIII/VIIIa: Dichter-Ingenieure. 104 S. m. einz. Abb. Leipzig 1924, Gustav Weigel. Preis je Heft Gm. 1.

Kraft und Verkehr. H. 1, Januar 1925. Herausg. v. Deutschen Schutzverband für Kraft und Verkehr, Berlin.

Acetylen in sicherheitstechnischer Hinsicht. Von Dr. Rimarski. Halle 1925, Carl Marhold. 95 S. m. 17 Abb.

Die Benzinlagerung. Von Heinrich Ulmann und Heinrich Hiller. Leipzig u. Wien 1925, Franz Deuticke. 103 S. m. 19 Abb. Preis Gm. 3.

Das Prenzlauer Mühlenwesen vom Mittelalter bis zur Neuzeit. Von Dr. Schwartz. Prenzlau 1923, A. Mieck. 62 S.

Technisches Rechnen. Von J. Feldmann. Leipzig-Wien, Anzengruber-Verlag. 120 S. Preis Gm. 2.

Der Taylorismus als Hilfe in unserer Wirtschaftsnot. Von Edgar Herbst. 3. erw. Aufl. Leipzig u. Wien, Anzengruber-Verlag. 32 S. Preis Gm. 0,50. (Der Aufstieg Nr. 19/20.)

Internationale technische Arbeitsgemeinschaft für wissenschaftliche Wirtschaftsordnung. Erw. Vortrag von Otto Lang. Leipzig-Wien, Anzengruber-Verlag. 63 S. Preis Gm. 1.

Die privatrechtliche Stellung der Elektrizität und der Elektrizitätslieferungsvertrag. Von Ludwig Niessen. Berlin 1925, Julius Springer. 73 S. Preis Gm. 3,60.

Hochschulführer Charlottenburg. Herausg. v. Hans L. Menzel. Wintersemester 1924/25. Berlin, Gebr. Wichmann. 109 S. Preis Gm. 1.

Mitteleuropäischer Funk-Kalender 1925/26. Herausg. v. Gustav Meyer. Leipzig 1925, F. Volckmar. 232 S. m. 49 Abb. Preis Gm. 3.

Tonindustrie-Kalender 1925. Verlag Tonindustrie-Zeitung. T. 1: 94 S. T. 2: 372 S. Preis zus. Gm. 2,50.

Papiermark—Rentenmark—Reichsmark. Von Justus Schoenthal. Leipzig 1925, Stein & Kroll. 94 S. Preis Gm. 5.

Sommerzeit. Ecksteins Biographischer Verlag. Berlin.

Soziale Zeitfragen H. 81: **Land für Heimstätten und Gärten.** Von Johannes Lubahn. Berlin 1925, Gebr. Mann. 14 S. Preis Gm. 0,50.

Zeitungs-Katalog 1925. 51. Aufl. Berlin 1925, Rudolf Mosse, Annoncen-Expedition. 853 S. Preis Gm. 10.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Eine neue Bauart von Oberflächenkondensatoren.

In Nr. 43 Bd. 68 der Zeitschrift des V. d. I. ist in einem Aufsatz des Herrn Dr.-Ing. Heuser auf S. 1121 u. f. eine neue Bauart von Oberflächenkondensatoren beschrieben, welche sich durch eine besondere Anordnung der Rohre (Ginabat-Anordnung) auszeichnet und zu einer Steigerung der Wärmeübergangszahlen geführt hat. Der Verfasser des betreffenden Artikels beweist dies durch eine Anzahl vollständiger Versuchsergebnisse, die an Kondensatoren mit der Ginabat-Rohranordnung und vergleichsweise an solchen mit gewöhnlicher Rohranordnung erhalten wurden. Als gewöhnliche Rohranordnung kann diejenige betrachtet werden, bei der sich die einzelnen Rohre in den Eckpunkten gleichseitiger, aufrechtstehender Dreiecke befinden.

Die Verbesserung, die in der Rohranordnung von Ginabat liegt, wird in der Kondensatströmung nach Abb. 3 des genannten Aufsatzes gesucht. Es wäre nun wichtig, zu wissen, ob die Strömung des Kondensates wirklich, der Abb. 3 entsprechend, durch Beobachtung festgestellt wurde, da sie nicht ohne weiteres verständlich ist, und zwar aus folgendem Grunde: Durch die Zwischenräume zwischen den Rohren der ersten, dem zuströmenden Dampf zugekehrten Rohrreihe geht die nicht an diesen Rohren kondensierte Dampfmenge hindurch. Die Durchtrittgeschwindigkeit ergibt sich aus Dampfmenge und Querschnitt und kann leicht den Wert von 80 m/s erreichen. Die Richtung der Dampfströmung, in Abb. 3 durch Pfeile angegeben, wird auf alle Fälle so sein, daß eine ansehnliche Komponente in wagerechter Richtung besteht, die nun einen bestimmenden Einfluß auf die Fallrichtung des Kondensates ausüben muß.

Eine rechnerische Ermittlung der Kraftwirkung der Dampfströmung auf fallende Wassertropfen ist z. B. in Hausbrand, „Verdampfen und Kühlen", 6. Aufl., S. 226 u. f., versucht. Darnach übt bei einem absoluten Druck von etwa 20 mm Q.-S. ein Dampfstrom von beispielsweise 49 m/s Geschwindigkeit bei 3 mm Tropfendurchmesser auf den Tropfen einen Druck aus, der dessen Eigengewicht entspricht. Bei einer Dampfgeschwindigkeit von 80 m verdoppelt sich die Kraftwirkung. Die Fallrichtung des Kondensates kann nun nur die Resultierende des Eigengewichtes und der durch den Dampfstrom ausgeübten Kraft sein, muß somit von der senkrechten Richtung erheblich abweichen. Dies wird auch dann noch der Fall sein, wenn die von Hausbrand gemachten Annahmen nicht genau zutreffen sollten.

Es mag nun interessieren, daß noch höhere Wärmeübergangszahlen, als Herr Dr.-Ing. Heuser anführt, an Kondensatoren mit gewöhnlicher Anordnung der Rohre erreicht werden, wo also die der Ginabat-Rohranordnung zugeschriebene Kondensatströmung nach Abb. 3 nicht eintreten sollte. Als Beispiel seien die Versuchsergebnisse der Abnahmeproben an einem von der Maschinenfabrik Oerlikon gelieferten Kondensator mit 396 m² (äußerer) Kühlfläche, zwei Wasserwegen und Rohren von 23/25 mm Dmr. in Zahlentafel 1 angeführt:

Diese Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß die Anordnung der Rohre nach Abb. 3 des Artikels von Herrn Dr.-Ing. Heuser nicht Bedingung für hohe Wärmeübergangszahlen ist. Der Grund hierfür liegt vielleicht darin, daß die Kondensatströmung nicht genau nach Abb. 3 erfolgt und sich für gewöhnliche Anordnung der Rohre ebenso günstig einstellen kann wie bei der Ginabat-Anordnung. E. Müller, Ingenieur, Zürich.

Zahlentafel 1.

Dampfmenge		Kühlwassertemperatur °C 15fach		Barometerstand mm Q.-S.	Luftleere mm Q.-S.	Dampftemperatur °C	Wärmeübergangszahl kcal/m² °C h
kg/h	kg/m² Kühlfl.	Eintr.	Austr.				
21 200	53,8	27	34,6	768,6	720	37,6	4494

Erwiderung.

Hinsichtlich der Ablenkung des Tropfenfalles im Kondensator durch die Dampfströmung kann ich auf einen ausführlichen Aufsatz des Erfinders selbst, Herrn Ginabat, hinweisen, dessen Übersetzung inzwischen in der Zeitschrift „Die Wärme", Nr. 48 bis 50 des laufenden Jahrganges erschienen ist. In dem Aufsatz wird diese Frage auf Seite 588 (Fußnote 6) beantwortet, und es ergibt sich daraus, daß nach den Rechnungen des Erfinders die eintretende Ablenkung sehr geringfügig ist, so daß sie wohl praktisch als unschädlich bezeichnet werden kann.

Im übrigen ist zu bemerken, daß bei der Ginabat-Anordnung, wie auch aus meinem Aufsatz hervorgeht, nicht nur die günstige Anordnung der Rohre hinsichtlich der Benetzung, sondern auch hinsichtlich vorteilhafter Luftabscheidung die Erhöhung des Wärmeüberganges bedingt. Ein Kondensator, der nur den Ginabat-Tropfenfall allein anwenden würde, hätte sicher nicht den gleichen guten Erfolg zu erwarten.

Der von Herrn Ing. Müller mitgeteilte Versuch an einem Oerlikon-Kondensator zeigt zweifellos sehr günstige Werte der Kühlflächenbelastung und der Wärmedurchgangszahl. Hierdurch wird jedoch an der Tatsache nichts geändert, daß solche Werte bei dem Durchschnitt der heute üblichen Kondensatoren bei weitem nicht anzutreffen sind. Der Oerlikon-Kondensator würde, wenn derartige Zahlen bei ihm stets und nicht etwa nur bei einem Paradeabnahmeversuch erzielt werden könnten, den gewöhnlichen Kondensatoren in dieser Hinsicht ebenso überlegen sein wie der Ginabat-Kondensator. Ich darf nochmals betonen, daß über den Ginabat-Kondensator an fast 100 ausgeführten Anlagen sehr gewissenhaft aufgenommene Versuchsergebnisse vorliegen, aus denen die Zahlen meines Aufsatzes einen Auszug darstellen. Es handelt sich hier also keineswegs um einmal bei einem Abnahmeversuch erzielte Werte, sondern um praktisch, zum Beispiel auch bei einer gewissen Verschmutzung des Kondensators bewährte, die mit Sicherheit erreicht und gewährleistet werden können.

Daß diese Verbesserungen aber tatsächlich durch die Rohranordnung Ginabat erzielt worden sind, ergeben, unabhängig von allen allgemeinen Überlegungen über die Frage, ob sich nun der Vorgang wirklich so oder anders abspielt, die ganz einwandfrei durchgeführten Versuche meines Aufsatzes. Ob die verringerte Benetzung oder die verbesserte Luftabscheidung den größeren Teil der Verbesserung bewirkt, läßt sich natürlich nicht entscheiden. [D 993]

Bochum, den 19. Dezember 1924. Dr. Heuser.

Neue Wege der Energiewirtschaft.

Die Zuschrift des Herrn Löffler in Heft 48 S. 1256 Bd. 68 (1924) dieser Zeitschrift unterstellt mir eine Behauptung, die ich gar nicht aufgestellt habe, nämlich daß man mit Curtisrädern ähnlich gute Wirkungsgrade erzielen könne wie mit der Nestomitzer Turbine, d. h. 81 bis 82 vH. Ich habe vielmehr ganz etwas anderes behauptet, nämlich daß man durch Ersatz der ersten Stufen der Nestomitzer Turbine durch eine gute Curtisstufe mit Düsenregelung bei voller Belastung rund denselben, bei Halblast aber einen wesentlich besseren Dampfverbrauch erreichen könne. Der praktische Nachweis dafür, welche Wirkungsgrade man bis jetzt mit Curtisstufen erreichen kann, ist bereits mehrfach gebracht worden, z. B. Z. 1919, S. 74, und in meiner Druckschrift „Der Einfluß der rückgewinnbaren Verlustwärme" (Springer, 1922). [D 122] G. Forner.

Schluß des Textteiles.

I N H A L T:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

NR. 13 SONNABEND, 28. MÄRZ 1925 BD. 69

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 424.

Kleinkältemaschinen mit Drehkolbenkompressoren.

Von Prof. Dr.-Ing. R. Plank, Danzig, Dr. M. Krause, Berlin, und Dipl.-Ing. W. Tamm, Berlin.

(Mitteilung aus dem Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule, Danzig.)

Allgemeines über Drehkolbenmaschinen. Der Kompressor von M. Güttner, Konstruktion und Wirkungsweise, Druckbereich. Einfluß der Exzentrizität, elastische Lagerung des Kolbens, Ungleichförmigkeit der Förderung. Zweikolbenmaschine. Konstruktive Verbesserungen. Verhalten als Ammoniak-Kältekompressor bei verschiedener Umlaufzahl, verschiedener Verdampfungstemperatur und verschiedener Kondensationstemperatur. Vergleich mit Kompressoren mit hin- und hergehendem Kolben. Trockenes und nasses Ansaugen. Versuche im praktischen Betriebe.

1. Einleitung.

Lange vor der Schaffung betriebfähiger Dampfturbinen, Turbopumpen und Turbokompressoren hat man versucht, neben den Kolbenmaschinen mit hin- und hergehendem Kolben auch solche mit umlaufendem Kolben zu bauen. Dieses Bestreben entsprang dem Wunsch, die Drehbewegung nicht auf dem Umweg über das Kurbelgetriebe, sondern unmittelbar zu erzeugen, und die mit Beschleunigung und Verzögerung der hin- und hergehenden Teile verbundenen Massenwirkungen zu vermeiden oder wenigstens zu verringern. Die Massenwirkungen ließen eine Steigerung der mittleren Kolbengeschwindigkeit und der Umlaufzahl der Maschine über eine gewisse Grenze nicht zu, so daß die angestrebte unmittelbare Kupplung mit elektrischen Maschinen in den meisten Fällen nicht durchführbar war. Die Kolbengeschwindigkeit darf nie so groß werden, daß der bei ihrer Erzeugung zu überwindende Massendruck den auf den Kolben wirkenden Dampfdruck übersteigt, weil sonst Stöße und Erschütterungen im Getriebe auftreten würden. Die größten zulässigen Kolbengeschwindigkeiten liegen für Dampfmaschinen bei 6 bis 7 m/s[1]).

Neben der Vereinfachung des Getriebes haben die Drehkolbenmaschinen folgende beachtenswerten Vorteile:

- Fortfall von Saug- und Druckventilen und Vereinfachung der Steuerungsteile, weil der umlaufende Kolben den Einlaß und Auslaß selbst steuert,
- geringe schädliche Räume,
- Verminderung der schädlichen Wärme-Wechselwirkungen zwischen dem arbeitenden Kraftmittel und der Zylinderwand, weil das Mittel stets in derselben Richtung durch die Maschine strömt,
- leichte Umsteuerbarkeit,
- geringen Platzbedarf und geringes Gewicht.

Diesen Vorteilen stehen aber nicht unerhebliche Schwierigkeiten gegenüber, von deren Überwindung der praktische Erfolg einer Bauart und ihre Betriebsicherheit im wesentlichen abhängt. Das sind:

- Weitgehende Vermeidung jeder gleitenden Reibung und ihr Ersatz durch rollende Reibung,
- sorgfältige Abdichtung und wirksame Druckschmierung zum Vermeiden von Lässigkeitsverlusten.

Daneben erfordert die Herstellung von Drehkolbenmaschinen eine sehr sorgfältige und genaue Werkstattarbeit.

Nach Reuleaux[2]) lassen sich die Drehkolbenmaschinen in zwei Hauptgruppen einteilen:

Kurbelkapselwerke, die eine kinematische Verkettung des Arbeitsmittels (Dampf, Luft, Wasser) mit einer besonderen Form des Kurbelgetriebes darstellen und nur eine Welle haben, und

Kapselräderwerke, deren Wirkung auf dem richtigen Ineinandergreifen entsprechend geformter Zahnprofile beruht und die zwei oder mehr Wellen haben.

Die Zahl der Konstruktionen, die im vorigen Jahrhundert für Drehkolbenmaschinen angegeben worden sind, geht ins Uferlose. Sehr viel geistige Arbeit und Kapital ist dabei nutzlos verschwendet worden. Von den unzähligen Patentanmeldungen[3]) sind weitaus die meisten nie ausgeführt worden, und von den wenigen ausgeführten haben viele nichts als Enttäuschungen gebracht. Nur ganz wenige wurden den an sie gestellten Anforderungen hinsichtlich der Leistung, der Wirtschaftlichkeit und der Betriebsicherheit gerecht. Reuleaux, der als erster durch eine scharfe kinematische Untersuchung das scheinbare Chaos in ein wohlgeordnetes System brachte, setzte als Leitwort für den betreffenden Abschnitt in seinem Werk[4]) die Worte Karmarschs: „Zahllose Versuche sind gemacht, das Problem der rotierenden Dampfmaschine zu lösen, jedoch bis zum heutigen Tage ohne zufriedenstellenden Erfolg."

Reuleaux selbst äußert sich, S. 344, wie folgt: „Die Maschinenpraxis hat eine große Mannigfaltigkeit der gedachten Verkettungen verwirklicht. Zugleich aber gibt es vielleicht kein Gebiet, auf welchem sie unklarer, unsicherer geschaffen hätte als hier. Ihr Verfahren ist beinahe vollständig ein Tappen im Finstern zu nennen, ohne jedes Prinzip, ohne Verständnis ihres Weges, ohne Verständnis dessen, was sie gefunden hat. So hat sie geschaffen und schafft täglich noch eine solche Menge von Vorrichtungen immer für denselben Zweck, daß es fast unmöglich scheint, das Aufgespeicherte auch nur zu ordnen oder dasselbe in dem Gedächtnis eines einzelnen unterzubringen."

Die planmäßige Entwicklung der Drehkolbenmaschinen wurde gegen Ende des vorigen Jahrhunderts durch die Entstehung der neueren Turbomaschinen gehemmt, die die gewünschte Erzeugung der unmittelbaren Drehbewegung und die damit verbundenen Vorteile praktisch verwirklicht haben. Allerdings bilden die sehr hohen Umlaufzahlen und die Schwierigkeiten der Umsteuerung Nachteile, die den Anreiz zur Weiterentwicklung der Drehkolbenmaschine wieder steigerten; es läßt sich aber nicht verkennen, daß durch die Einführung der Dampfturbinen die Aufmerksamkeit für die Drehkolbenmaschinen in den beiden letzten Jahrzehnten erheblich nachgelassen hat. Sie wurden nur noch für kleine Leistungen und geringe Drücke als Gebläse und Pumpen gebaut. Es kommt hinzu, daß die an-

[1]) Vergl. Radinger, Dampfmaschinen mit hoher Kolbengeschwindigkeit, Wien, Carl Gerolds Sohn.

[2]) Vergl. Reuleaux, Lehrbuch der Kinematik I, Braunschweig 1875, Friedr. Vieweg & Sohn.

[3]) Eine ausführliche Zusammenstellung findet man in dem Buch Drehkolbenkraftmaschinen von W. Gentsch, Berlin 1906 L. Simion Nachf.

[4]) a. a. O. S. 343.

Abb. 1. Oszillierende Kurbelschleife.

gegebenen Vorteile der Drehkolbenmaschine auch in Maschinen mit hin- und hergehenden Kolben teilweise erreicht werden konnten: Die Stumpfsche Gleichstrom-Dampfmaschine zeigt den Fortfall der Auslaßventile und die Steuerung der Auslaßschlitze durch den Kolben; auch sind hier die Wandungswirkungen dadurch, daß der Dampf nur in einer Richtung strömt, wesentlich vermindert worden.

Erst in den letzten Jahren wendet man der Drehkolbenmaschine — und zwar zunächst als Arbeitsmaschine — wieder mehr Aufmerksamkeit zu. Die Bestrebungen zielen darauf hin, schnellaufende Hochdruckmaschinen nach dem Drehkolbengrundsatz nicht nur für kleine Leistungen, sondern auch für mittlere und selbst große Leistungen wirtschaftlich und betriebsicher zu bauen. Die heutige Werkstattechnik ist jedenfalls eher imstande, die hierbei zu lösende wichtigste Aufgabe — die Dichtung — zu bewältigen.

In der in- und ausländischen technischen Literatur findet man jetzt wieder häufiger Bemerkungen über neue Bauarten von Drehkolbenmaschinen, und eine Reihe namhafter deutscher Maschinenfabriken beschäftigt sich zurzeit mit ihrer Herstellung. Es scheint daher angebracht, diesem Gegenstand erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken. Eingehende Untersuchungen von Drehkolbenmaschinen sind bisher nur selten durchgeführt, und noch seltener sind ihre Ergebnisse veröffentlicht worden.

In einer früheren Abhandlung[1]) sind mehrere ältere Bauarten einander kritisch gegenübergestellt und ist bereits die neue von M. Güttner stammende Bauart erwähnt worden[2]), die bei den ersten Untersuchungen auf dem Prüfstand des herstellenden Werkes sehr beachtenswerte Ergebnisse lieferte. Inzwischen ist diese Maschine im Laboratorium unter verschiedenen Betriebsbedingungen sehr eingehend untersucht und monatelang beobachtet worden, wobei die ersten günstigen Eindrücke nicht nur voll bestätigt wurden, sondern sogar in erhöhtem Maße zum Ausdruck kamen. Diese Versuchsergebnisse sollen im Rahmen der vorliegenden Abhandlung im Auszug mitgeteilt werden. Außerdem liegen Untersuchungsergebnisse von mehreren weiteren Maschinen dieser Bauart vor, so daß es möglich erscheint, ein Urteil zu fällen.

2. Die Drehkolbenmaschine von Güttner.

Allgemeine Beschreibung.

Es handelt sich um ein Kurbel-Kapselwerk, das sich kinematisch auf ein Kurbelgetriebe, und zwar auf die oszillierende Kurbelschleife, Abb. 1, zurückführen läßt. Als Vorläufer dieser Maschine sind die Pumpe von Knott, Abb. 2[3]), und das Gebläse von Wedding, Abb. 3[4]), zu nennen. Die erste wurde 1863 in England, das zweite 1868 in Preußen patentiert. Beide Maschinen wurden in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts für kleine Leistungen und Druckhöhen als langsam laufende Maschinen mit großer Exzentrizität gebaut. Zwei Wedding-Ventilatoren von je 6 PS mit hölzernem Kolben bedienten mehrere Jahre in den Spandauer Artilleriewerkstätten die Schmiedefeuer. Die periodischen Druckschwankungen, die im obersten Totpunkt wegen der vorübergehenden Verbindung von Saug- und Druckraum eintreten, wurden aber bei der geringen Drehzahl recht störend empfunden. Die

Abb. 2. Drehkolbenpumpe von Knott.

Abb. 3. Gebläse von Wedding.

Maschine wurde dann in den letzten 50 Jahren kaum noch gebaut. Erst um das Jahr 1920 trat M. Güttner mit seinem auf diesem Grundsatz beruhenden, nach neuzeitlichen Grundsätzen konstruierten, schnellaufenden Hochdruck-Drehkolbenkompressor hervor. Dieser Kompressor wurde in erster Linie für die Zwecke der Kältetechnik geschaffen, wo er als Ammoniakkompressor arbeitet; er läßt sich aber ohne weiteres auch als Luftkompressor verwenden, nur muß dann, bei größeren Druckverhältnissen, das Gehäuse mit einem Kühlwassermantel versehen werden, was keinerlei Schwierigkeiten macht.

Eine ältere Ausführungsform der Maschine ist in Abb. 4 und 5 dargestellt. Ein zylindrisches Gehäuse *a* trägt auf der einen Seite den Stopfbüchsenhals und wird auf der andern Seite durch den Deckel *b* verschlossen. Im oberen Teile des Gehäuses sind die Saug- und Druckkanäle *c* und *d*, das Rückschlagventil *e* und die Nuß *f* angeordnet. Das Gehäuse wird oben durch den Deckel *g* geschlossen, in den die Saug- und Druckleitungen einmünden. Auf die Maschinenwelle *h*, die auf Rollenlagern *i* läuft, ist die Scheibe *k* exzentrisch aufgesetzt, und zwischen Welle und Scheibe ist ein elastisches Zwischenglied *l* eingeschaltet. Konzentrisch auf der Scheibe *k* (also exzen-

Abb. 4.

[1]) Vergl. R. Plank, Drehkolbenmaschinen als Kraft- und Arbeitsmaschinen, Z. f. d. gesamte Kälteindustrie Bd. 29 (1922) Heft 10 und 11.

[2]) Die Maschine wird von der Maschinenbauanstalt Sylbe & Pondorf in Schmölln, Thüringen, hergestellt.

[3]) Vergl. Reuleaux, a. a. O., S. 357; ferner Fr. König, Die Pumpen, Berlin 1902, H. Costenoble, S. 239, und Hartmann-Knoke, Die Pumpen, Berlin 1906, Julius Springer, 3. Aufl. S. 406.

[4]) Vergl. Reuleaux, a. a. O. S. 358.

trisch im Gehäuse) ist auf Rollenlagern *m* der Drehkolben *n* aufgesetzt, der oben die Zunge *o* trägt, die in der Nuß auf- und abgeht und dabei mit der Nuß eine schwache Pendelung vollführt. Zwischen dem Kolben *n* und dem Deckel *b* liegt die Zwischenscheibe *p*, die durch Schrauben *q* an den Kolben angepreßt werden kann. Die Stopfbüchspackung kann durch die Überwurfmutter *r* angezogen werden. Um die Stopfbüchse ist in einfacher Weise ein Kühlmantel angeordnet, durch den ein ganz schwacher Wasserstrom geleitet wird. Durch die elastische Scheibenkupplung *s* ist der Kompressor mit dem Antriebelektromotor unmittelbar verbunden.

Die Umlaufzahl kann unbedenklich bis 1500 Uml./min erhöht werden, so daß auch eine unmittelbare Kupplung mit Drehstrommotoren möglich ist. Eine sehr wesentliche Aufgabe, von deren geschickter Lösung die Betriebsicherheit der Maschine abhängt, ist die gute Schmierung aller der gleitenden Reibung ausgesetzten Teile. Als solche erkennen wir in erster Linie die Stirnflächen des Kolbens, die an der inneren Gehäusefläche und an der Scheibe *p* gleiten, ferner die zylindrische Nuß *f* und die Zunge *o*. Durch die Aussparung in der Nuß für die Unterbringung der Zunge entstehen in der Nuß scharfe Kanten, die sich als besonders empfindlich gezeigt haben und öfter Brüche aufwiesen. Zunge und Nuß wurden ursprünglich aus Gußeisen hergestellt. Das Schmieröl wurde der Maschine unter dem in der Druckleitung herrschenden Druck durch die Leitung *t* zugeführt. Es läuft zuerst durch das Schauglas *u*, so daß der dauernde Ölzufluß geprüft werden kann, und tritt durch den Deckel *b* in die Maschine. Hier gelangt es sehr bald zu der einen Stirnfläche des Kolbens und in den Verdichtungsraum, von dem es weiter nach der andern Stirnfläche und zur Nuß mitgeführt wird. Auch die Rollenlager erhalten genügend Öl. Das überschüssige Öl wird durch die verdichteten Gase in die Druckleitung *d* mitgerissen, geht durch einen Ölabscheider und wird dann wieder in die Leitung *t* abgelassen. Die einmalige Ölfüllung braucht praktisch nicht erneuert zu werden, da ein vollständiger Kreislauf des Öles gesichert ist.

Drehkolbenmaschinen dieser Bauart sind als Ammoniakkompressoren für Kälteleistungen von 1000 bis 3000 kcal/h bei — 10 °C Verdampfungstemperatur jahrelang anstandlos gelaufen. Die Saugspannung betrug dabei 2 bis 3 at abs, die Druckspannung 9 bis 12 at abs, es wurden also Druckverhältnisse von 3 : 1 bis 6 : 1 in einer Stufe ohne Schwierigkeit überwunden. Beim Betrieb als Luftkompressor mit Wassermantel um das Gehäuse ließen sich sogar Druckverhältnisse von 10 : 1 mit guten Wirkungsgraden erreichen. Es handelt sich hier also keinesfalls mehr um ein „Kapselgebläse", sondern um einen Hochdruckkompressor.

Als Voraussetzung dafür, daß günstige Betriebzahlen und hohe Betriebsicherheiten erreicht werden, gilt hier in viel höherem Maß, als es bei Kompressoren mit hin- und hergehendem Kolben der Fall ist, eine sehr saubere Werkstattarbeit. Bei nicht genauem Zusammenpassen des Gehäuses mit dem Kolben, der Nuß und der Zunge treten Undichtigkeitsverluste auf, die das Erreichen hoher Gegendrücke vereiteln und den Energiebedarf ungünstig beeinflussen. Anderseits steigen bei zu dichtem Einpassen der bewegten Teile infolge erhöhter Reibungsarbeit die Leerlaufverluste, und es kommt hie und da zu Abbröckelungen der scharfen Kanten an der Nuß.

3. Besondere Merkmale des Güttner-Kompressors.

Der wesentlichste Unterschied zwischen den alten Konstruktionen von Knott, Wedding u. a. einerseits, und der neuen Bauart Güttners liegt in der sehr kleinen Exzentrizität des Kolbens. Dieser Unterschied ist aus dem Vergleich von Abb. 2 und 4 sofort zu erkennen. Bezeichnen wir den Gehäusedurchmesser mit *D*, den Kolbendurchmesser mit *d*, so ist die Exzentrizität

$$\varepsilon = \frac{D-d}{D}.$$

Bei den kleinen Ammoniakkompressoren beträgt ε nur 0,04 bis 0,05, also 4 bis 5 vH, während die älteren Bauarten eine Exzentrizität von 20 bis 40 vH aufweisen. Da man früher vor hohen Umlaufzahlen zurückschreckte, mußte man notgedrungen eine große Exzentrizität zulassen. Mit wachsender Exzentrizität wächst natürlich das Hubvolumen V_0 bei einer Umdrehung

$$V_0 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)\, l,$$

worin l die Kolbenlänge bedeutet. Für ein bestimmtes Fördervolumen in 1 min $V_n = V_0 n$ kann man also bei gegebener Maschinengröße (d. h. bei gegebenem Gehäusedurchmesser D) entweder einen kleinen Kolbendurchmesser d (also eine große Exzentrizität) und eine geringe Umlaufzahl n, oder einen großen Kolbendurchmesser (also eine kleine Exzentrizität) mit einer hohen Umlaufzahl wählen. Man kann sich leicht davon überzeugen, daß die letzte Wahl in jeder Beziehung günstiger ist. Die die Abnutzung der Maschine bestimmende in 1 min bestrichene Gleitfläche ist

$$f = \pi (D - d)\, l\, n$$

oder, wenn man die Umlaufzahl durch das vorgeschriebene minutliche Fördervolumen V_n ausdrückt:

$$f = \frac{4\, V_n}{D + d}.$$

Die Abnutzung wird also um so geringer, je mehr sich der Kolbendurchmesser d dem Gehäusedurchmesser D nähert. Die Gleitfläche wächst aber nicht erheblich, wenn die Exzentri-

a Gehäuse *b* seitlicher Deckel *c* Saugkanal *d* Druckkanal *e* Rückschlagventil *f* Nuß *g* oberer Deckel *h* Maschinenwelle *i* Rollenlager *k* exzentrische Scheibe *l* elastisches Zwischenglied *m* Rollenlager *n* Drehkolben *o* Zunge *p* Zwischenscheibe zwischen *n* und *b* *q* Druckschrauben *r* Ueberwurfmutter *s* elastische Scheibenkupplung *t* Schmierölleitung *u* Schmierölschauglas.

Abb. 4 und 5. Schnellaufender Hochdruck-Drehkolbenkompressor von Güttner, ältere Ausführungsform. Maßstab 1 : 4.

Abb. 5.

zität in engen Grenzen (z. B. von 5 auf 10 vH) erhöht wird, so daß dieser Punkt nicht ausschlaggebend ist.

Es ist nun aber zu beachten, daß die Abdichtung zwischen Saug- und Druckraum nur längs der jeweiligen Auflagelinie des Kolbens in dem Gehäuse wirksam ist. Bei größeren Drucksteigerungen im Kompressor würde diese einfache Liniendichtung nicht ausreichen, und verdichtete Gase würden in den Saugraum zurückströmen. Solange noch der Kolben durch den Gasdruck auf die Gehäusebahn gepreßt wird, was aber nur in der ersten Hälfte eines jeden Hubes der Fall ist, kann man annehmen, daß an der Berührungsstelle eine elastische Formveränderung eintritt, welche die Berührungslinie zu einer endlichen Fläche ausbreitet. Wenn aber in der zweiten Hälfte des Hubes der Gasdruck den Kolben von seiner Bahn abzuheben bestrebt ist, dann bleibt nur noch eine Liniendichtung bestehen. Bei kleinen Exzentrizitäten wird der sichelförmige Raum an der Berührungskante sehr schmal, wodurch eine starke Kapillarwirkung auf die die Lauffläche benetzende Ölschicht entsteht. Diese kapillare Ölschicht, die der Kolben bei seiner Bewegung dauernd mit sich führt, dürfte zur Abdichtung wesentlich beitragen. Es kann ganz allgemein gesagt werden, daß durch die Druckschmierung nicht nur die Reibungsverluste verringert werden, sondern auch eine bessere Abdichtung erreicht wird.

Schließlich spricht noch ein dritter Grund für die Wahl einer geringen Exzentrizität und einer hohen Umlaufzahl. Aus Abb. 2 ist zu ersehen, daß bei der höchsten Stellung des Kolbens für kurze Zeit eine unmittelbare Verbindung zwischen Saug- und Druckseite hergestellt wird. Dadurch treten bei geringen Umlaufzahlen sehr unangenehme periodische Druckschwankungen auf, dagegen machen sich bei hohen Umlaufzahlen keinerlei Störungen bemerkbar. Selbstverständlich muß bei der Konstruktion darauf geachtet werden, daß die Saug- und Druckkanäle möglichst nahe an der Nuß in das Gehäuse einmünden.

Es ist notwendig, daß der Kolben in das Gehäuse sehr genau eingepaßt wird, wie denn überhaupt die Herstellung dieser Maschine eine sehr genaue Werkstattarbeit erfordert, wenn die höchsten Leistungen und besten Wirkungsgrade erreicht werden sollen. Trotz weitgehender Verminderung der Reibungsarbeit würde ein Festklemmen durch die ungleichmäßige Erwärmung von Gehäuse und Kolben durch das zu verdichtende Kraftmittel leicht eintreten können. Das dünnwandige, gegebenenfalls mit Wasser gekühlte Gehäuse kann die Wärme viel besser ableiten als der in der Mitte angeordnete Kolben. Ähnliche Schwierigkeiten ergeben sich, wenn irgendwelche kleine feste Fremdkörper (Sandkörnchen, Zunder) in die Sichel gelangen, über die der Kolben dann bei gasdichtem Einpassen nicht hinwegkommt. Diese Schwierigkeiten können nur durch elastische Lagerung des Exzenterkolbens auf der Welle vermieden werden. Schon bei den älteren Bauarten wurde ein solches elastisches Zwischenglied angewandt[1]). Es ist unzweckmäßig, dieses elastische Glied zwischen Kolben und Gehäuse (etwa in Form einer Wicklung um den Kolben) zu setzen, weil es sich hier rasch abnutzt. Wesentlich günstiger ist die Anwendung eines elastischen Gliedes (Plättchen, Federn) zwischen Welle und Kolben. Güttner verwendet dafür eine einfache kleine Schraubenfeder l, Abb. 4, die aber nicht, wie sonst üblich, durch eine axial wirkende Kraft auf Verdrehung beansprucht, sondern in radialer Richtung zusammengedrückt wird. Dieses Glied muß natürlich so viel Vorspannung haben, daß der Kolben in der zweiten Hubhälfte durch den Gasdruck nicht vom Gehäuse abgehoben wird.

Man könnte vermuten, daß die hier besprochene Drehkolbenmaschine bei völlig gleichförmigem Umlaufen des Kolbens auch eine zeitlich gleichförmige Ansaugemenge im Gegensatz zu den Maschinen mit hin- und hergehendem Kolben aufweist. Indessen kann man sich leicht davon überzeugen, daß das Ansaugen bei der Drehkolbenmaschine sogar noch weniger gleichförmig ist. Zunächst muß man sich vergegenwärtigen, daß sich der Ansaugehub auf eine volle Umdrehung des Kolbens, also auf einen Kurbelwinkel von 360° erstreckt. Gleichzeitig findet auf der andern Seite des Kolbens während der ganzen Umdrehung die Kompression und, nach Erreichen des Enddruckes, das Ausschieben statt. Da für eine volle Umdrehung nur einmal angesaugt wird, so ist die Maschine als einfachwirkend zu bezeichnen. Zu Beginn des Ansaugens treten nur sehr geringe Mengen in den Zylinder, weil die Sichel sehr schmal ist, dann steigt die Ansaugemenge rasch an und erreicht bei 180° den Höchstwert, um dann in gleicher Weise wieder abzufallen. Die genaue Berechnung ergibt sich aus Abb. 6.

Setzt man die Länge des Kolbens und des Gehäuses $l = 1$, bezeichnet man die beiden Halbmesser mit $r = O_2C$ und $R = O_1B$, den Kurbelwinkel AO_1B mit α und den Winkel AO_2C mit β, so wird, wenn die Berührung von A bis B vorgerückt ist,

$$V_\alpha = ACB = AO_1B - AO_2C - O_1BO_2.$$

Ferner wird

$$AO_1B = \frac{\alpha}{360}\pi R^2 = 0{,}008\,727\,\alpha R^2,$$

$$AO_2C = 0{,}008\,727\,\beta r^2,$$

$$O_1BO_2 = \frac{1}{2}(R - r) R \sin\alpha.$$

Man erhält also

$$V_\alpha = 0{,}008\,727\,(\alpha R^2 - \beta r^2) - \frac{1}{2}(R - r) R \sin\alpha.$$

Der Zusammenhang zwischen α und β ist dabei folgender (aus dem Dreieck O_1O_2B):

$$\operatorname{cotg}\beta = \frac{r}{R\sin\alpha} - \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}.$$

Für $\frac{r}{R} = 0{,}95$, also $\varepsilon = 1 - \frac{r}{R} = 0{,}05$, erhält man mit $R = 1$ folgende in Zahlentafel 1 enthaltenen Werte:

Zahlentafel 1.

α	β	V_α	$100\,\frac{V_\alpha}{V_{360}}$ vH
0°	0°	0	0
30°	31° 30′	0,0012	0,39
60°	62° 30′	0,0098	3,2
90°	92° 50′	0,0291	9,5
120°	122° 30′	0,0608	19,9
150°	151° 20′	0,1047	34,2
180°	180°	0,1531	50,0
210°	208° 40′	0,2015	65,8
240°	237° 30′	0,2454	80,1
270°	267° 10′	0,2771	90,5
300°	297° 30′	0,2964	96,8
330°	328° 30′	0,3050	99,6
360°	360°	0,3062	100,0

Obgleich sich die Winkel α und β nur wenig unterscheiden, ist doch die Annäherung $\alpha = \beta$ vollkommen unzulässig und führt zu ganz falschen Werten von V_α. Das erklärt sich dadurch, daß der Ausdruck $\alpha R^2 - \beta r^2$ in der Gleichung für V_α als Unterschied zweier großer Zahlen erscheint. Die Werte $100\,\frac{V_\alpha}{V_{360}}$ sind in Abb. 7 über dem Kurbelwinkel aufgetragen. Daneben ist der entsprechende Verlauf für das Ansaugevolumen eines Kompressors mit hin- und hergehendem Kolben eingetragen unter Berücksichtigung des Umstandes, daß sich der ganze Saughub hier nur über einen Kurbelwinkel von 180° erstreckt. Der Kolbenweg x ist hier

$$x = r(1 - \cos\alpha) + \frac{\lambda}{2} r \sin^2\alpha,$$

wobei r der Kurbelhalbmesser und λ das Verhältnis von Kurbelhalbmesser zu Schubstangenlänge bedeutet.

Das zu einem beliebigen Kurbelwinkel gehörige Ansaugevolumen in vH des gesamten Hubvolumens ist dann

$$100\,\frac{V_\alpha}{V_{180}} = \frac{100\,x}{2\,r} = 100\left(\frac{1 - \cos\alpha}{2} + \frac{\lambda}{4}\sin^2\alpha\right).$$

[1]) Vergl. z. B. Gentsch, a. a. O. S. 16, 17 und 46.

Abb. 6. Schema zur Berechnung des Ansaugevolumens.

Mit $\lambda = {}^1/_5$ erhält man die in Zahlentafel 2 angegebenen Werte:

Zahlentafel 2.

α	$100 \frac{V_\alpha}{V_{180}}$ vH
0°	0
30°	7,95
60°	28,75
90°	55,00
120°	78,75
150°	94,55
180°	100,00

Auch diese Werte sind in Abb. 7 eingetragen. Man ersieht, daß sich die Ansaugemenge bei der Drehkolbenmaschine noch ungleichmäßiger verteilt als bei der Maschine mit hin- und hergehendem Kolben. Wollte man sie daher als Flüssigkeitspumpe betreiben, dann würde sich der Einbau von Windkesseln kaum vermeiden lassen.

Da der exzentrische Kolbenkörper eine nicht ausgeglichene Masse darstellt, so ist es zweckmäßig, bei größeren Maschinen zwei um 180° gegeneinander versetzte Kolben mit einer Trennungswand in einem Gehäuse anzuordnen und die dadurch bedingte Zunahme der Reibungsarbeit an den Stirnflächen in Kauf zu nehmen. Man erhält dann auch bei größeren Einheiten einen völlig ruhigen und geräuschlosen Gang. Jede Maschine hat natürlich eine bestimmte kritische Umlaufzahl, bei der stärkere Erschütterungen auftreten und die im Betriebe leicht vermieden werden kann. Für kleine Einheiten wird man sich stets mit einem Kolben begnügen und die exzentrische Masse des Kolbens durch Aussparungen möglichst verringern.

Auf Grund der Erfahrungen, die in langjährigem Betriebe mit der in Abb. 4 und 5 dargestellten Bauart gemacht wurden, ist dann bei Sylbe & Pondorf, Schmölln, die neueste Bauart, Abb. 8 und 9, entwickelt worden. Der wesentliche Unterschied besteht darin, daß die empfindlichsten Teile — Nuß *f* und Zunge *o* — nach unten verlegt sind, so daß die Gefahr eines Festklemmens infolge Ölmangels völlig vermieden ist. Die Nuß wird außerdem in Weißmetall hergestellt. Das Schmieröl tritt oben bei *a* in das Gehäuse ein, Abb. 9, verteilt sich nach beiden Seiten, gelangt durch Nuten *b* an die Stirnfläche des Kolbens, sickert durch die ganze Maschine und sammelt sich unten an der Nuß. Der Überschuß an Öl gelangt mit den verdichteten Gasen in die Druckleitung *c*. Der Gehäusefuß ist als Ölabscheide- und Sammelgefäß ausgebildet. Zu diesem Zweck ist das Prallblech *d* und der mit acht schirmartigen Blechen *e* versehene Rohrstutzen *g* angeordnet. Durch die Prallwirkung und den häufigen Richtungswechsel wird das Öl aus den verdichteten Gasen abgeschieden. Durch den höchsten Gasdruck, der in diesem Raume herrscht, wird das Öl in die Steigleitung *h* gepreßt, Abb. 9, und nach Durchströmen eines Siebes *i* und einer Düse *k* oben wieder nach dem Kompressor geführt.

Abb. 7. Hubvolumen in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel.

Einige weitere konstruktive Verbesserungen an der Stopfbüchse und die Verringerung der Zahl der Rollenlager gehen aus dem Vergleich der Abb. 5 und 9 hervor. [B 705]

(Schluß folgt.)

Abb. 8 und 9. Schnellaufender Hochdruck-Drehkolbenkompressor von Güttner, neueste Bauart.

a Öleintritt *b* Nuten an den Stirnflächen des Kolbens *c* Druckleitung *d* Prallblech *e* schirmartige Bleche am Rohrstutzen *g* *f* Nuß *h* Steigleitung *i* Sieb *k* Düse *o* Zunge

Maßstab 1:4

Einrichtungen zur Befehlsübermittlung beim Verschiebedienst.

Abb. 1. Gleismelder-Geber auf dem Ablaufberg.

Auf Verschiebebahnhöfen dienen zur Befehlsübermittlung Geräte von Siemens & Halske, A.-G., die ein sicheres und schnelles Übermitteln der Gleisnummern vom Ablaufberg nach dem Stellwerk ermöglichen. Am Ablaufberg ist bei Anlagen einfachster Art ein Geber, im Stellwerk ein Empfänger aufgestellt. Auf größeren Verschiebebahnhöfen mit mehreren Ablaufgleisen können auch mehrere Geber zwischen den Gleisen angeordnet werden, Abb. 1; ein Geber dient dann dazu, nach dem Stellwerk die betreffende Nummer des Ablaufgleises zu melden. Sie erscheint auf dem oberen Empfänger im Stellwerk, Abb. 2; der untere Empfänger gibt an, auf welches Gleis die Wagen laufen sollen. Auch am Stande des Fahrdienstleiters erscheinen die gleichen Angaben, so daß er erforderlichenfalls jederzeit in den Verschiebebetrieb eingreifen kann. Geber und Empfänger haben je einen Zeiger, der über eine Skala streicht, welche die Bezeichnungen der zu übermittelnden Meldungen trägt. Mit Hilfe einer Einstellvorrichtung wird der Zeiger des Gebers auf das betreffende Skalenfeld eingestellt, und der Zeiger des Empfängers folgt auf das entsprechende Feld seiner Skala. Beim Einstellen ertönt am Geber ein Wecker, am Empfänger ein Summer als Achtungssignal.

Die Zeigerbewegung wird elektrisch übertragen; die Anlagen werden für Wechselstrom- oder für Gleichstrombetrieb ausgeführt. Bei den Fernzeigeranlagen für Wechselstrombetrieb, Abb. 3, liegt am Geber und am Empfänger zwischen den Polen je zweier vom Wechselstrom erregter Elektromagnete ein leicht drehbarer ringförmiger Anker. Jeder Anker trägt nebeneinander drei Wicklungen. Die einzelnen Wicklungen der beiden Anker sind über Schleifringe und Stromabnehmer durch drei Leitungen miteinander verbunden. Bringt man den Anker des Gebers in eine bestimmte Stellung und hält ihn darin fest, so erfährt der Anker des Empfängers infolge der durch die induzierten Ströme hervorgerufenen Magnetisierung ein Drehmoment, das ihn in die gleiche Stellung treibt, die der Anker des Gebers hat. Nur in dieser Stellung heben sich die in beiden Ankern induzierten Spannungen gegenseitig auf.

Bei Anlagen für Gleichstrombetrieb enthält der Geber einen ringförmig gewickelten Widerstand, Abb. 4, der an zwei einander gegenüberliegenden Stellen mit der Stromquelle verbunden ist. Drei um 120° gegeneinander versetzte und drehbare Schleifkontakte nehmen den Strom ab, der über drei Leitungen dem Empfänger zugeführt wird. Dieser ist ebenso gebaut wie der Empfänger für Wechselstrombetrieb, seine Elektromagnete werden durch die Gleichstromquelle erregt. Auch hier bewirkt die Magnetisierung des drehbaren Ankers, daß er eine der Stellung der Schleifkontakte des Gebers entsprechende Lage einnimmt. Der Energiebedarf der Anlage ist sehr gering; sie arbeitet durchaus zuverlässig.

An kleineren oder mittleren Verschiebebahnhöfen werden die Befehle vom Ablaufberg auch oft mit Hilfe von Lautsprechern zum Stellwerk übermittelt, Abb. 5. Anwendung von Mikrophonen, die stärkere Strombelastung zulassen, und kräftiger Telephonbauarten sowie von Stromquellen mit geringem inneren Widerstand, wie z. B. Akkumulatorenbatterien oder auch große Trocken- oder Beutelelemente, ermöglichen es, die Sprache so zu übertragen, daß sie der Lautsprecher fast in der gleichen Stärke wiedergibt, mit der sie in das Mikrophon gesprochen wird. Auch der Beamte im Stellwerk kann zurückfragen, ohne daß er seinen Platz zu verlassen braucht. Die Lautstärke am Ablaufberg ist dann natürlich etwas geringer, was man dadurch ausgleicht, daß man die Sprechstellen am Ablaufberg mit Hörern ausrüstet. Das Rufzeichen wird bei Apparaten im Freien durch einen lauttönenden Wecker, beim Apparat im Stellwerk durch einen Summerton gegeben.

Abb. 2. Gleismelder-Empfänger im Stellwerk.

Abb. 3 und 4. Fernzeiger für Wechselstrom und für Gleichstrom.

Abb. 5. Lautfernsprecher im Stellwerk.

Um auch dem Lokomotivführer die Signale zum Abdrücken und Halten vom Ablaufberg aus zu übermitteln, verwendet man in Verbindung mit Gleismelderanlagen elektrische Hupen mit Doppelschalltrichter, die längs des Ablaufgleises in etwa 100 m Abstand voneinander aufgestellt sind. Gs.

[M 912]

Fortschritte im Kraftwagenbau[1].

Die Fahrzeug-Verbrennungsmaschine.

Von Dr. techn. A. Heller, Berlin.

(Forts. von Z. 1924 S. 1288.)

Bauart der Zylindergehäuse und der Steuerung — Sicherungen für die Schmierung — Leichtmetallkolben — Vorübergehende Steigerung der Leistungen.

Die wichtigsten Richtlinien für den Entwurf neuzeitlicher Antriebmaschinen von Kraftwagen unterscheiden sich in gewissen Punkten je nach dem, ob es sich um Maschinen für mittlere oder größere Leistungen — etwa von 1,6 l Hubraum der Zylinder aufwärts — oder um Maschinen für ausgesprochene Kleinkraftwagen mit kleinerem Hubraum handelt.

Für die heutige Maschine von mittlerer oder großer Leistung dürfte die in Abb. 1 bis 4 wiedergegebene neue 10/40 PS-Maschine der Austro-Daimler-Werke, Wiener-Neustadt, mit sechs in einer Reihe hintereinander angeordneten Zylindern von 70 mm Dmr. und 110 mm Hub, hängenden Ventilen und obenliegender Steuerwelle als eine Art Musterbeispiel gelten können. Die Maschine bildet mit dem an dem runden Gehäuseflansch angeschraubten Getriebekasten einen in sich abgeschlossenen, genügend steifen Block; dieser trägt alle Nebeneinrichtungen und Bedienungshebel und kann für sich zusammengebaut, auf dem Bremsstand geprüft und in dem Rahmen des Kraftwagens so befestigt werden, daß er von den Spannungen frei bleibt, die bei elastischen Formänderungen des Rahmens darauf übertragen werden könnten. Daß man diesen Block auch mit angegossenen Sockeln zum Befestigen der elektrischen Licht- und Anlaßmaschinen versieht, gilt heute als selbstverständlich. Ein wichtiges Merkmal der neueren Bauart ist das Zylindergehäuse, ein zusammenhängender Gußkörper aus Leichtlegierung, der gleichzeitig mit dem Oberteil des Kurbelgehäuses zusammengegossen ist und mit eisernen Laufbüchsen für die Kolben versehen wird. Die praktische Möglichkeit für diese Ausführung erlangt man dadurch, daß man die Zylinder in der Höhe der Ventilsitze wagerecht abschneidet und die Zylinderköpfe als gemeinsames Stück aus Gußeisen aufsetzt. Dadurch vermeidet man die Schwierigkeiten, die sonst das Gießen von sechs Zylindern in einem Stück bereiten würde, und kann die hochbeanspruchten Ventilsitze aus widerstandfähigerem Metall herstellen, wodurch die Frage der Zylinder aus Leichtlegierung auf die einfachste Weise gelöst wird. Auch bei den Flugmotoren mit Stahlzylindern hat sich eine ähnliche Lösung als die einfachste erwiesen[2]), und man kann sagen, daß erst die Teilung der Zylinder in der Höhe der Ventilsitze der praktischen Einführung der Einblockbauart für Wagenmaschinen mit 6 Zylindern den Weg eröffnet hat.

Abb. 1. 10/40 PS-Austro-Daimler-Motor, Auspuffseite.

Abb. 2. 10/40 PS-Austro-Daimler-Motor, Vergaserseite.

Allerdings gibt es auch bei dieser Zylinderbauart Schwierigkeiten, die nur längere praktische Erfahrung überwinden kann. Eine solche Schwierigkeit ist z. B., daß man die Teilfuge zwischen Kopf und Schaft der Zylinder, die man jedesmal öffnen muß, wenn man die Ventilsitze nachschleifen will, ohne den ganzen Zylinderblock abzubauen, sorgfältig abdichten muß, damit kein Wasser in den Zündraum eindringt. In der Regel legt man zu diesem Zweck zwischen die beiden Paßflächen eine genau ausgestanzte Kupferasbestpackung, die ganz gleichmäßig festgezogen wird, damit man den Kopf nicht einseitig verspannt. Da es im allgemeinen nicht wesentlich ist, daß das Kühlwasser in jedem einzelnen Zylinder zwischen Kopf und Schaft umlaufen kann, so könnte man der Gefahr des Eindringens von Wasser in die Zylinder auch so begegnen, daß man an einer einzigen Stelle des Zylinderkörpers, z. B. rechts oben in Abb. 1, eine außenliegende Verbindung zwischen den Wasserräumen herstellt und innen keine Verbindungen freiläßt. Bei der Maschine des Maybach-Wagens[3]) bilden alle Zylinderköpfe mit den Laufbüchsen ein zusammenhängendes Gußstück, so daß im eigentlichen Brennraum der Zylinder überhaupt keine Teilfuge vorhanden ist.

Auch die Herstellung der Laufbüchsen, die in die vorgebohrten Öffnungen des Zylinderkörpers aus Leicht-

[1]) Erweiterte Bearbeitung eines am 2 Oktober 1924 im Österr. Verband des V.d.I. gehaltenen Vortrages.

[2]) Vergl. Z. Bd 64 (1920) S. 37.
[3]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 842.

Abb. 7. Elektrischer Öldruckanzeiger und durch Schwimmer betätigter Ölstandzeiger.

metall eingepreßt werden, bedingt ausgedehnte praktische Erfahrung; denn die Büchsen, deren Wanddicke der besseren Wärmeableitung wegen möglichst gering bemessen wird, dürfen beim Einpressen und namentlich bei Wärmedehnungen des Zylinderkörpers nicht unrund werden. Zum Teil kann man Einflüsse der Bearbeitung dadurch ausgleichen, daß man die Büchsen erst nach dem Einziehen in den Zylinderkörper fertig schleift. Daß diese Arbeit wiederholt werden muß, so oft man eine Büchse erneuert, scheint nicht wesentlich, weil sich die Büchsen bei den heute allgemein üblichen Kolben aus Leichtlegierung nicht sehr schnell abnutzen. Man könnte aber diese Schwierigkeit auch so vermeiden, daß man die Büchsen stärker bemißt und nur am oberen Ende im Zylinderkörper befestigt, während das untere Ende in der Längsrichtung beweglich und mit einer Dichtung versehen ist, die verhindert, daß das die Büchsen außen bespülende Kühlwasser ins Kurbelgehäuse eindringt. Vereinzelt führt man Maschinen dieser Bauart so aus, daß man auch den Zylinderkörper aus Eisen herstellt und die übliche Teilfuge in der Höhe der Zylinderflansche außer der Teilfuge in der Höhe der Ventilsitze beibehält. Dabei nimmt man aber wohl den Vorteil in der Herstellung mit einer zu großen Vermehrung der Schraubenverbindungen in den Kauf.

Die Teilung der Zylinder in der Höhe der Ventilsitze bedingt ferner besondere Maßnahmen für die Kühlung der Zylinderköpfe, zumal hier wegen der höheren Verdichtungsverhältnisse auch höhere Höchstdrücke auftreten. Zu diesem Zweck wird das Kühlwasser von unten in den Mantel des Zylinderkörpers eingeleitet und mittels der am hinteren Ende der Steuerwelle befestigten Kreiselpumpe wagerecht durch die Zylinderköpfe nach dem vorderen Ende gedrückt. Die Anordnung der Kühlwasserpumpe auf der Steuerwelle vereinfacht wohl das Äußere der Maschine; wegen der verhältnismäßig hohen Lage der Pumpe gegenüber dem Kühler muß man aber die Widerstände auf der Saugseite besonders niedrig erhalten; daher ist das Zylindergehäuse so gestaltet, daß es vorn unmittelbar in einen sehr breiten Stutzen übergeht, der den Unterkasten des Kühlers bildet. Außerdem hat man die Pumpe mit einer besonderen Entlüftung versehen, die den höchsten Punkt des Pumpengehäuses mit dem Kühleranschluß verbindet, damit die Pumpe schnell ansaugen kann.

Abb. 5 und 6. Sicherung gegen das Versagen der Schmierung.
a Kolben b Feder c Drosselklappe d Stift.

Selbstverständlich ist ferner, daß man heute alle Fahrzeugmaschinen mit einer durchaus selbsttätig arbeitenden Zentralschmierung versehen muß, die einen Strom von Schmieröl ständig durch die Hauptlager und Pleuellager sendet. Bei der hier dargestellten Maschine wird der Ölstrom durch eine einfache Rohrpumpe erzeugt, die von einem Exzenter der Andrehklaue am vorderen Ende der Kurbelwelle angetrieben wird und Drucköl unmittelbar in die innere Höhlung der Kurbelwelle fördert. Die Kurbelwelle bildet also hier schon die übliche Verteilleitung für das Drucköl, und da ihre Bohrungen zu jedem einzelnen Kurbelzapfen führen, so wird die Schmierung dieser Zapfen von dem veränderlichen Spiel der Hauptlager weniger abhängig. Diese Art der Schmierung war im vorliegenden Fall um so notwendiger, als die Welle nur an drei Stellen gelagert ist und die Ölversorgung der Kurbelzapfen aus den Hauptlagern in der sonst üblichen Weise besondere Schwierigkeiten bereitet hätte.

Abb. 3 und 4. 10/40 PS-Motor der Austro-Daimler-Werke.

Ansicht vom Vergaser.

Ansicht von der Ventilseite.

Abb. 8 und 9. Motor, Kupplung und Getriebekasten des Praga-Wagens.

Da die neuzeitlichen Maschinen sehr schnell laufen und daher beim Versagen der Schmierung schon schwer beschädigt sein können, bevor der Wagenführer den Fehler bemerkt und die Maschine abstellt, hat man sich in neuerer Zeit vielfach mit der Aufgabe befaßt, die Maschine beim Versagen der Schmierung selbsttätig abzustellen.

Eine Sicherung dieser Art, die auf den Vergaser einwirkt, wird bei den Praga-Wagen verwendet, s. Abb. 5 und 6; wird der Öldruck unter dem Kolben *a* zu klein, so drückt ihn die Feder *b* nieder, so daß man die Drosselklappe *c* des Vergasers nicht öffnen kann, während bei genügend hohem Öldruck, s. Abb. 6, der Kopf des Stiftes *d* frei in dem Schlitz der Kolbenstange spielt. Der Stift *d* ist federnd verschiebbar; sein Kopf gleitet daher über den abgeschrägten Kopf der Kolbenstange hinweg, damit man die Drosselklappe noch schließen kann, wenn der Öldruck versagt. In der verriegelten Lage läßt sich die Drosselklappe nur soweit öffnen, daß die Maschine leer laufen kann. Man kann sie also auch anlassen, wenn noch nicht genügender Öldruck vorhanden ist. Um zu verhindern, daß an der Führung der Kolbenstange infolge von Undichtheiten Öl austritt, hat man diese mittels einer feinen Bohrung an die benachbarte Saugleitung der Maschine angeschlossen, so daß etwa durchsickerndes Öl sofort weggesaugt wird und den Vergaser nicht außen beschmutzen kann.

Abb. 4.

Bei dem Motor von Austro-Daimler, Abb. 1 bis 4, ist zu diesem Zweck in die Öldruckleitung ein unter Federdruck stehender Kolben eingeschaltet, Abb. 7, der den Stromkreis einer Signallampe selbsttätig schließt, sobald der Öldruck unter eine bestimmte Grenze sinkt. Außerdem kann man die Größe des Ölvorrats im Gehäuse der Maschine an einem Zeiger ablesen, den ein Schwimmer einstellt.

Für den ausgesprochen kleinen Kraftwagen ist aber die beschriebene Maschinenanlage nicht einfach genug. Vor allem bedingt die Verwendung einer über den Zylindern gelagerten Steuerwelle viele Hilfswellen und Zahnräder, so daß die Herstellung solcher Maschinen, zumal wenn man auch noch verlangt, daß diese Antriebe wenig Geräusch verursachen sollen, ziemlich kostspielig wird. Wie einfach sich demgegenüber die Maschinenanlage eines Kleinkraftwagens durchbilden läßt, zeigt das Beispiel des kleinen Praga-Wagens in Abb. 8 bis 10. Motor, Kupplung und Wechselgetriebe bilden auch hier einen starren Block, an dessen hinterem Ende der Antrieb mittels eines Kardangelenks aus Gummi abgenommen wird. Die Maschine hat seitlich stehende Ventile, und der Zylinderblock ist nicht geteilt. Ähnlich günstige Wärmeausnutzungen, wie bei hängenden Ventilen, kann man bei solchen Maschinen erreichen, wenn man den Zylinderkopf auf Grund der Versuche von Ricardo[1]) durchbildet, s. Abb. 11. Das Verfahren besteht im wesentlichen darin, daß man den Boden des Zylinderkopfes über dem Einlaßventil kugelförmig auswölbt und über dem eigentlichen Zylinder möglichst tief herunterzieht. Man stellt so dort, wo die Ladung gezündet wird, einen kugelförmigen Brennraum her; darin ruft die Bewegung des Kolbens beim Verdichtungshub eine sehr lebhafte Wirbelung hervor, die im Vergleich zu dem üblichen flachen Verdichtungsraum solcher Maschinen die Schnelligkeit der Verbrennung steigert und sogar Klopferscheinungen entgegenwirken kann.

Der Praga-Motor arbeitet ohne Kühlwasserpumpe und ohne Zündmagnet; den Zündstrom liefert eine Lichtmaschine, die unmittelbar an das vordere Ende der Kurbelwelle angeschlossen ist. Dieser Strom wird mittels eines am vorderen Ende der Steuerwelle angebrachten umlaufenden Unterbrechers auf die Zylinder verteilt. Für alle diese Einrichtungen reicht somit das eine Stirnräderpaar aus, wodurch die Steuerwelle angetrieben wird. Die Umlaufschmierung versorgt eine Zahnradpumpe, deren senkrechte Welle von der Mitte der Steuerwelle aus angetrieben wird. Der elektrische Anlaßmotor ist seitlich an das Gehäuse der Maschine angebaut.

Allen neuzeitlichen Fahrzeugmaschinen gemeinsam ist ferner das Merkmal, daß sie mit Verdichtungsgraden von 5,3 bis 5,6 betrieben werden und ihre Höchstleistungen bei Drehzahlen von 2600 bis 3600 Uml./min erreichen. Bei diesen hohen Drehzahlen haben auch Vorrichtungen zum Dämpfen von Drehschwingungen Be-

[1]) H. H. Ricardo: Internal Combustion Engines, London, Blackie & Son.

Abb. 10. Motor und Getriebe des kleinen Praga-Wagens.
$a\ a_1$ Vorgelege $d\ c_1$ 1. Gang $c\ c_1$ 2. Gang $b\ b_1$ 3. Gang

deutung erlangt, da sie dazu beitragen können, sonst unerklärlich scheinende Geräusche beim Betrieb der Maschinen zu beseitigen. Die Vorrichtung des Austro-Daimler-Werkes besteht aus einem Schwungring, s. Abb. 3, der zwischen dem Schwungrad und dem Gehäuse der Kupplung federnd gehalten wird, sich bei Drehschwingungen selbständig verdreht und hierdurch die Schwingungen dämpft.

Abb. 11. Zylinderausbildung nach Ricardo.

Den hohen Verdichtungsdrücken und Drehzahlen entsprechend hat sich auch das Verhältnis zwischen Höchstleistung und Hubraum, das z. B. bei der 14/30 PS-Maschine von Benz etwa 8,2 PS/l betragen hatte, bei den neuesten Maschinen bis auf rd. 19,2 PS/l gesteigert, wobei von Rennwagen ganz abgesehen wird. Die neuesten Mercedes-Motoren leisten schon ohne Aufladen 16 bis 17,5 PS/l. Ein wesentlicher Anteil an diesen Erfolgen kommt der Verwendung von Leichtmetallkolben zu, deren gute Wärmeableitung ermöglicht hat, die schädlichen Wirkungen von Selbstzündungen bei so hohen Verdichtungsgraden zu vermeiden. Solche Kolben werden denn auch bei allen neueren Maschinen verwendet, obgleich man die Versuche, ihre bekannten Mängel zu vermeiden, noch nicht als abgeschlossen ansehen kann. Bei dem Austro-Daimler-Motor, s. Abb. 3 und 4, soll die Wirkung zu großen Spieles des Kolbens in kaltem Zustand durch das Federn des geschlitzten Kolbenmantels vermieden werden, bei den neuesten Mercedes-Motoren verwendet man zum gleichen Zweck Leichtmetallkolben, die mit einem angegossenen Mantel aus Gußeisen versehen sind. Zu erwähnen wäre ferner ein neuerer Vorschlag von Frohloff & Wagner, Charlottenburg, wonach der gußeiserne Kolbenmantel zur besseren Wärmeableitung mit einem hart eingelöteten Boden aus reinem Kupfer versehen wird. Allgemein ist es gelungen, die Eigenschaften, namentlich die Zähigkeit der Leichtlegierungen zu verbessern und die Abnutzung von Leichtmetallkolben so zu verringern, daß man sogar die Kolbenbolzen ohne besondere Büchsen beweglich in den Kolben lagern kann. In gewissem Grad ist der Fortschritt auf diesem Gebiet vielleicht auch der Erkenntnis zu verdanken, daß man für Leichtmetallkolben bestimmte Zylinder sehr genau und sehr glatt ausschleifen muß.

Bei dem auch in andrer Beziehung bemerkenswerten Tatra-Kleinkraftwagen der Nesselsdorfer Waggonbau-Fabrik, Abb. 12 und 13, dessen Rahmen durch einen aus Maschine, Getriebe und Hinterachsantrieb zusammengesetzten starren Träger ersetzt ist, haben endlich auch die neueren Erkenntnisse auf dem Gebiete der Luftkühlung Anwendung gefunden. Der vorn im Wagen unter einer Haube angeordnete Motor, Abb. 14 bis 17, hat zwei wagerecht liegende, gegeneinander etwas versetzte Zylinder von 82 mm Dmr. und 100 mm Hub mit Kühl-

rippen, die fast ganz von dem Spiralgehäuse eines breiten, an das Schwungrad angebauten Ventilators umschlossen werden. Dieser saugt im Betriebe frische Luft an den Zylindern vorbei, so daß diese um so stärker gekühlt werden, je schneller der Motor läuft. Die Steuerventile sind in den Zylinderköpfen angeordnet und werden mittels Stoßstangen und Kipphebeln von Exzenterscheiben auf einer kürzeren Hilfswelle angetrieben, die auch den Zündmagneten trägt. Die ganze Steuerung ist staubdicht abgeschlossen. Die Maschine wird mittels eines Bosch-Ölers geschmiert, der in bestimmten Zeitabständen Öl auf die Pleuelstangen tropfen läßt. Die zweifach gekröpfte Kurbelwelle läuft auf einem Kugel- und einem Rollenlager und treibt mit dem vorderen Ende die elektrische Lichtmaschine. Das Gewicht der Maschine, die bis zu 12 PS Dauerleistung liefern soll, ruht auf einer Querfeder des Fahrzeuges, die genau über der Vorderachse angeordnet und daran mit den Enden befestigt ist.

2620

RZ897Z12-13

Abb. 12 und 13. Tatra-Kleinkraftwagen der Nesselsdorfer Wagenbau-Fabrik-A.-G.

Einen wichtigen Abschnitt in der neueren Entwicklung der Fahrzeug-Verbrennungsmaschinen bilden ferner die Bestrebungen, bei gegebenen Abmessungen des Motors das Drehmoment vorübergehend zu steigern, sei es, um zeitweilig, z. B. bei einem Rennen, sehr hohe Fahrgeschwindigkeiten zu erzielen oder um auf Steigungen oder beim Anfahren das Umschalten des Wechselgetriebes zu vermeiden. Der hohe praktische Wert dieser Versuche liegt darin, daß sie gewisse Aussichten bieten, durch wesentliche Vereinfachungen im Wechselgetriebe die Bauart des Kraftwagens zu verbilligen.

Für diesen Zweck gibt es heute zweierlei Verfahren: Nach dem einen benutzt man eine Maschine von verhältnismäßig zu großem Zylinderinhalt, die also auch bei voller Fahrgeschwindigkeit gedrosselt laufen muß, damit sie nicht überbeansprucht wird. Begegnet aber der Wagen einer größeren Steigung oder will man ohne Änderung der Übersetzung zwischen Motor und Achse anfahren, so kann der Motor vorübergehend wesentlich größere Drehmomente abgeben, wenn man den Drosselwiderstand in der Ansaugleitung verringert und hierdurch größere Zylinderfüllungen zuläßt. Drosselmaschinen dieser Art sind, im Grunde genommen, alle üblichen Fahrzeugmaschinen, weil sie immer verhältnismäßig etwas zu groß bemessen sein müssen, damit etwas Kraftreserve vorhanden ist. Ganz ausgeprägt ist das Übermaß des Zylinderinhalts gegenüber dem Wagengewicht bei dem bekannten, allerdings sehr langsam laufenden Motoren der besonders leicht gebauten Ford-Wagen, die seit jeher mit nicht mehr als zwei Stufen des Wechselgetriebes allen Wegwiderständen gewachsen waren. Wegen der Abhängigkeit der Steuerung vom Zylinderinhalt hat man aber bei uns das Verhältnis von Wagengewicht und Zylinderinhalt stetig verringert, wozu namentlich auch der Einfluß der Rennen beigetragen hat, so daß dabei dieser Vorteil der langsam laufenden, übergroßen Motoren verloren gegangen ist.

Erst beim Maybach-Wagen ist das Verfahren des Überbemessens der Maschine in allerdings wesentlich verbesserter Form auch bei uns zur Anwendung gelangt. Durch Steigerung des Verdichtungsgrades und sehr sorgfältiges Einregeln des Vergasers hat man hierbei erreicht, daß der Motor im Gegensatz zu den früheren langsam laufenden Motoren auch bei Drosselbetrieb mit geringem Brennstoffverbrauch arbeitet und bei voller Öffnung der

RZ897Z14

Abb. 14. Motor des Tatra-Wagens, von oben gesehen.

Abb. 15 bis 17. Motor des Tatra-Kleinkraftwagens.

Drossel den schweren Wagen ohne Änderung der Übersetzung auf Steigungen bis zu 10 vH durchziehen kann, so daß auch hier zwei Übersetzungen zwischen Motor und Wagenachse für alle vorkommenden Widerstände ausreichen.

Im Gegensatz zum beschriebenen Drosselverfahren steigert man beim Kompressor- oder Ladeverfahren das Drehmoment des Motors dadurch, daß man die Füllung der Zylinder mittels eines besonderen Gebläses verstärkt. Da man jede Wagenmaschine in bezug auf Ventilquerschnitte und Verdichtungsgrad so entwerfen kann, daß bei der besten Zylinderfüllung, also einer bestimmten Mindestdrehzahl, das Klopfen gerade noch vermieden wird, so beschränkt sich die Wirkung des Ladegebläses in der Hauptsache darauf, den Verlust an Ladung auszugleichen, der sonst infolge der verstärkten Drosselung bei höheren Drehzahlen des Motors auftritt. Über dieses Maß hinaus kann man das Nachladen nicht treiben, streng genommen nicht einmal genau bis zu dieser Grenze, wenn man Selbstzündungen vermeiden will. Das Nachladen hat dann die Wirkung, daß der Motor den Verdichtungshub bei jeder Drehzahl mit dem Anfangsdruck beginnt, also — theoretisch — auch stets das gleiche Indikatordiagramm und somit auch das gleiche Drehmoment liefert. Damit das erreicht wird, muß die Liefermenge des Gebläses, ausgehend von jener Mindestdrehzahl, wo sie null ist, in höherem Maß als die Drehzahl zunehmen, weil schon der verdrängte Hubraum mit der Drehzahl zunimmt.

Da bekanntlich jede Fahrzeugmaschine bei der Höchstleistung und nicht bei der größten Zylinderfüllung den günstigsten spezifischen Brennstoffverbrauch hat, so scheint der Schluß berechtigt, daß das Nachladen in jedem Falle mit einer Steigerung des Verbrauches an Brennstoff verknüpft, also recht unwirtschaftlich ist. Dieser Mangel könnte die Anwendung des Ladeverfahrens für andre als reine Sportzwecke unmöglich machen. Man muß aber berücksichtigen, daß das Verfahren namentlich für schnelllaufende Zweitaktmaschinen, die mit unmittelbarer Einspritzung von schweren Brennstoffen arbeiten, große wirtschaftliche Bedeutung erlangen kann, und daß die einschlägigen Versuche schon aus diesem Grunde verdienen, nach Möglichkeit gefördert zu werden. Es kommt hinzu, daß die weitere Durchbildung dieses Verfahrens in der Richtung der Regelung der Lademenge und der Zusammensetzung der fertigen Ladung keineswegs abgeschlossen ist. So könnte man z. B. bei höheren Drehzahlen den Gehalt des Gemisches an Brennstoff in ähnlicher Weise wie bei gewöhnlichen Maschinen verringern usw.

Fahrzeuge mit nachladenden Motoren werden bis jetzt nur von der Daimler-Motoren-Gesell-

Abb. 18 und 19. Motor mit Ladegebläse der Daimler-Motoren-Gesellschaft, Untertürkheim.

schaft, Untertürkheim, laufend hergestellt, obgleich sich verschiedene andere Fabriken mit ähnlichen Versuchen, namentlich für Rennzwecke beschäftigen. Die neueste Ausführung dieser Maschine, Abb. 18 und 19, wird in drei Größen für 24, 15 und 10 PS Steuerleistung hergestellt, wovon die kleinste in den Werken von Benz & Cie., Mannheim, gebaut werden soll. Kennzeichen der Maschine ist das Roots-Gebläse am vorderen Ende, dessen senkrechte Welle mittels eines ausschaltbaren Kegelrädervorgeleges unmittelbar von der Kurbelwelle aus angetrieben wird und dessen Spaltverluste so bemessen sind, daß das Gebläse erst bei sehr hohen Drehzahlen nachzuladen beginnt. Es liefert dann über eine mit Kühlrippen versehene Leitung die Mischluft in den allseits geschlossenen Vergaser, dessen Sauganschluß zur Außenluft zugleich mit dem Einrücken der Gebläsekupplung abgesperrt wird. Da die Läufer und Zahnräder des Gebläses sehr starkes Geräusch verursachen, hat man das Gehäuse des Gebläses, das ebenfalls Kühlrippen trägt, mit einem besonderen Dämpfervorbau versehen.

Auf der Deutschen Automobil-Ausstellung 1924 führten ferner die Dürkopp-Werke, Bielefeld, einen Motor mit Kapselgebläse nach Zoller vor, das im Gegensatz zum Roots-Gebläse schon bei niedrigen Drehzahlen Nachladeluft liefert. Mit diesem Gebläse werden schon seit einigen Jahren Versuche in Verbindung mit einer schnelllaufenden Zweitaktölmaschine angestellt, die aber noch nicht zum Abschluß gelangt sind. Für Fahrzeuge mit Viertaktmaschinen haben solche Ladegebläse, wie oben erläutert, weniger Bedeutung. [B 897] (Forts. folgt.)

Dampfturbinengründungen [1].

Die dynamischen Kraftwirkungen in Maschinengründungen hat man bisher dadurch berücksichtigt, daß die Maschinenfabriken vier- bis fünffache Maschinenlasten vorschrieben. Diese Berechnungsweise entspricht aber nicht den auftretenden Kräften: die Gründungen werden auf diese Weise gegen lotrechte Kräfte überstark, während sie in anderer Beziehung doch nicht die gewünschte Sicherheit bieten.

Im Gegensatz zu den ruhenden Lasten wirken die dynamischen Kräfte stoßartig, sie treten also plötzlich auf, wie z. B. das Kurzschlußmoment. Solche Wirkungen werden auch bei ständiger Kraftgröße hervorgerufen, wenn sich die Kraftrichtung rasch ändert, z. B. bei der Fliehkraft, die durch eine, wenn auch geringe, Exzentrizität der umlaufenden Massen hervorgerufen werden kann. In einem bestimmten Bauteil verursacht also auch die Fliehkraft Stoßbelastungen, da sie ihre Richtung fortwährend ändert.

Die plötzlich auftretende Kraft hat größere Spannungen zur Folge als die ruhende; will man die Aufgabe auf die statische zurückführen, so muß man den statischen Gleichwert suchen, der dieselben Spannungen hervorruft und die wirkenden (dynamischen) Kräfte mit einem dynamischen Faktor vervielfachen, den man noch bestimmen muß.

Die Stöße können sich auch regelmäßig wiederholen, wie ebenfalls bei der Fliehkraft. Da der Baustoff wiederholten Beanspruchungen weniger standhält, so muß man untersuchen, ob man diesen Umstand nicht durch Herabsetzen der zulässigen Spannungen oder durch entsprechendes Erhöhen der Kräfte berücksichtigen muß. Das Fundament gerät ferner durch solche Stöße in Schwingungen, deren Dauer nur von der Art des Fundamentes abhängt (Eigenschwingung), von der Stärke der Stöße jedoch unabhängig ist. Wiederholen sich die Stöße in der Weise, daß ihre Anzahl in der Zeiteinheit mit der Schwingungszahl (Eigenfrequenz) der Gründung übereinstimmt, so wird der Ausschlag der Schwingungen und damit die Spannung mit jedem Stoß größer, und das kann zum Bruch führen. Da die Stöße jedenfalls mit der Drehzahl der Maschine zusammenhängen, so darf die Eigenfrequenz der Gründung nicht mit der Drehzahl der Maschine übereinstimmen und muß von ihr genügend weit verschieden sein (Resonanzklausel). Auf Grund dieser Ausführungen ergeben sich folgende Aufgaben:

Welche dynamischen Kräfte wirken auf die Gründung, wie groß sind sie, und wie ist ihre Richtung?

Wie groß ist ihr statischer Gleichwert, d. h. ihre ruhende Ersatzkraft, die ebenso große Spannungen verursacht (dynamischer Faktor)?

Welche dynamischen Kräfte wirken periodisch, und um wieviel muß man die ruhenden Kräfte wegen der geringeren Widerstandskraft des Baustoffs gegen wechselnde Belastung erhöhen?

Die letzte Aufgabe ist die Schwingungsuntersuchung.

Bei Turbodynamos kommen als dynamische Kräfte nur Drehmomente um die Maschinenachse und durch die Drehung hervorgerufene Fliehkräfte in Frage. Der Zug der Kondensation wirkt ständig, braucht also nicht in dynamische Kräfte eingereiht zu werden. Das gefährlichste Drehmoment ist das Kurzschlußmoment. Dieses wird von der Maschinenfabrik angegeben.

Schwieriger ist die Frage der Fliehkraft. Neuzeitliche Maschinen sind zwar genau zentriert; ungleichmäßige Verschmutzung der Schaufeln am Kranz der Turbinenräder, Herausfliegen einzelner Schaufeln, Verschiebung der Erregerspulen am Stromerzeuger können jedoch Exzentrizitäten hervorrufen, die bei der hohen Drehzahl große Fliehkräfte zur Folge haben.

Man kann auf die Fliehkraft schließen, wenn man berücksichtigt, daß die Leiträder die Welle mit Dichtungsringen umschließen, dabei aber einen Spielraum von rd. $^1/_{10}$ mm frei lassen. Dieses Maß von Exzentrizität ist also möglich. Es kann sich aber auch darüber hinaus vergrößern, wenn sich die feinen Dichtungsspitzen abschleifen. Dadurch entsteht eine immer größere Reibung, die schließlich bei etwa 0,5 mm Wellendurchbiegung so groß wird, daß die Welle heiß läuft und die Maschine abgestellt werden muß.

Mit diesem Maß der größten Exzentrizität kann man die Fliehkraft berechnen, wenn man die Maße und die Winkelgeschwindigkeit des umlaufenden Körpers kennt. Ist G das Gewicht der ganzen Maschine (Summe der im Belastungsplan angegebenen Kräfte), dann entfallen davon etwa 8 bis 16 vH, also hoch geschätzt 15 vH auf die umlaufenden Massen; um sicher zu gehen, wählt man eine hohe Drehzahl, 3000 Uml./min, oder 50 Uml./s, dann ist die Fliehkraft in kg

$$F = 0{,}05 \frac{0{,}15\, G}{981} (50 \times 2\,\pi)^2 = 0{,}75\, G.$$

Mit Rücksicht darauf, daß diese Kraft nur im ungünstigsten Fall und vorübergehend auftritt, kann man die Fliehkraft auf

$$F = \tfrac{1}{2}\, G$$

nach unten abrunden.

Zur Bestimmung des dynamischen Faktors sei darauf hingewiesen, daß die dynamischen Kräfte hier wie plötzlich aufgebrachte ruhende Lasten wirken, die doppelt so große Durchbiegungen und Spannungen wie statische Lasten verursachen. Als dynamischer Faktor wird daher die Zahl 2 gewählt. Daß der Baustoff gegen Wechselbeanspruchung weniger widerstandfähig ist, braucht hier nicht berücksichtigt zu werden. Die einzige wechselnd wirkende Kraft ist die Fliehkraft, die in voller Größe nur ausnahmsweise und für kurze Zeit auftreten kann und daher nicht mehr als regelmäßig wiederkehrend aufzufassen ist.

Für die Ermittlung der Eigenfrequenz der Gründung und ihren Vergleich mit der Drehzahl der Maschine dienen die Formeln von Dr.-Ing. Geiger[2]) als Grundlage.

Für die Bemessung der Turbinengründungen ergeben sich danach folgende Richtlinien:

Ruhende Lasten, wie das Gesamtgewicht G der Maschine (stillstehende und umlaufende Teile), der Zug der Kondensation und das Eigengewicht des Fundamentes, sind mit dem einfachen Wert einzusetzen.

Dynamische Kräfte, d. s. das Kurzschlußmoment und die Fliehkraft, müssen mit dem zweifachen Wert in Rechnung gesetzt werden; die Fliehkraft, also $2 \cdot \tfrac{1}{2}\, G = G$, kann nach allen Richtungen, also nach der Seite wie nach oben, wirken. Die aufwärts gerichtete Fliehkraft wird durch das Maschinengewicht G gerade aufgehoben, die abwärts gerichtete addiert sich zum Gewicht G, so daß hier die doppelte, aber nicht, wie bisher, die vier- bis fünffache Maschinenlast einzusetzen ist. In wagerechter Richtung wirkt die einfache Last.

Die Eigenfrequenz soll nach dem Vorschlag von Dr.-Ing. Geiger um mindestens 30 vH von der Maschinendrehzahl verschieden sein.

Die vorgeschlagene Art der Berechnung ergibt nicht durchweg leichtere Gründungen; z. B. erfordern die wagerecht angesetzten Lasten bei verhältnismäßig hohen Fundamenten stärkere Stützen als bisher. [N 219]

Dr.-Ing. E. Rausch.

[1]) Nach einem Aufsatz des Verfassers in der Zeitschrift „Der Bauingenieur" Bd. 5 (1924) S. 772.

[2]) „Berechnung der Schwingungserscheinungen an Turbodynamos", Z. Bd. 66 (1922) S. 667 und Bd. 67 (1913) S. 287.

Über Gleit- und Brucherscheinungen.

Von Dr.-Ing. Joseph Scholl, Offenbach a. M.

Mitteilung aus dem Laboratorium für Mechanische Technologie der Technischen Hochschule Aachen[1]).

Rutschkegelbildung bei Druck- und bei Zugversuchen — Größe der Gleitwinkel — Verschiedenheit der Rutschwinkel bei verschiedenen Stoffen — Unzulässigkeit der vereinfachten Mohrschen Theorie bei spröden Körpern — Folgerungen für die Werkstoffprüfung.

Auf Berechnungen und eingehende Versuche an Blei und heißem Eisen gestützt, erklärte Dr.-Ing. Riedel[2]) die anfänglichen Formänderungen bei Druckproben und das hyperbolische Ansteigen der Druckkurve von einem bestimmten, dem kritischen Punkte K ab durch die Bildung von Rutschkegeln, deren Grundflächen die jeweiligen Druckflächen des Körpers sind, s. Abb. 1. Dr.-Ing. Hohenschutz[3]) griff die Vermutung von Riedel auf, daß sich bei Zugproben sinngemäß Zugkegel bilden, und machte darüber mehrere Zugversuche an Flußeisenstäben. Aus der gemessenen ungleichmäßigen Verformung der Außenhaut schloß er auf Grund von Berechnungen auf die Wirkung von Zugkegeln an den Einspannköpfen und an der Einschnürstelle, auf die er den Bruchbeginn von der Stabachse aus zurückführte. Zur Erklärung der Rutschkegel weist Riedel an andrer Stelle [4]) auf das Abböschungsbestreben und auf die Überwindung der Schubkraft längs des Kegelmantels hin. Ferner leitet er aus einem von Dr.-Ing. Pomp stammenden Schaubilde her, daß alle Werkstoffe den gleichen Rutschwinkel haben.

Bei einigen Werkstoffen treten Gleitflächen beim Bruch äußerlich in die Erscheinung, z. B. beim Druckversuch an Gußeisen und beim Zugversuch an Flußeisen. L. Hartmann[5]) beobachtete an Zug-, Druck- und Biegeproben verschiedener Metalle nach Überschreiten der Fließgrenze unter einem bestimmten Winkel zur Stabachse geneigte Fließfiguren, die er als Spuren von Gleitschichten deutete. Somit lag die Vermutung nahe, daß die Umformung der Werkstoffe in den durch Schubspannungen bedingten Gleitflächen vor sich geht, in denen schließlich auch der Bruch erfolgt.

An Flußeisen können Gleitflächen im Körperinnern durch das neue Ätzverfahren von Dr.-Ing. Fry[6]) beim Überschreiten der Fließgrenze — also beim Eintreten der ersten bleibenden Formänderungen — kenntlich gemacht werden. Wegen Raummangels kann ich auf die Durchführung und Auswertung der Versuche an dieser Stelle nicht eingehen; vielmehr muß ich mich auf die Mitteilung der wichtigsten Ergebnisse beschränken. Die Sichtbarmachung der Fryschen Linien erfordert eine ganz bestimmte Bemessung der Beanspruchung. Wird die Fließgrenze nicht erreicht, so bleibt das Gefüge hell, wird sie zu weit überschritten, so wird es vollständig dunkel, weil die einzelnen Linien zusammenfallen. Am deutlichsten erkennt man dies an einem Biegestab, bei dem die Beanspruchung von null bis zu einem Höchstwert zunimmt. In Abb. 2 ist z. B. der Längsschnitt eines einseitig im Schraubstock eingespannten Biegestabes wiedergegeben. Die Verlängerung auf der Zugseite und auch die Verkürzung auf der Druckseite sind danach durch gegenseitige Verschiebung der Stoffteile längs der Gleitflächen zustandegekommen. Hierbei schließen die Gleitflächen mit der Stabachse auf der Zugseite einen Winkel, größer als 45°, auf der Druckseite einen Winkel, kleiner als 45°, ein.

Wegen der oben geschilderten Empfindlichkeit dieses Verfahrens bietet seine Durchführung an den üblichen zylindrischen Zug- und Druckproben Schwierigkeiten; darüber hinaus wirken die geringsten Nebeneinflüsse, wie Unebenheiten in der Auflagefläche, störend. Abhilfe ist auf mehrfache Weise möglich. Bei der Druckprobe, Abb. 3 und 4, wurden die Gleitflächen dadurch sichtbar gemacht, daß die Zylinderendflächen absichtlich nicht parallel gehalten wurden, so daß sich der Werkstoff an der höchsten Kante abdrückte. Der Winkel δ ist nicht der wahre Gleitwinkel, weil der Längsschnitt nicht senkrecht zur Gleitebene steht; dies geht aus dem Querschitt $c = d$ hervor. Der wirkliche Gleitwinkel β ergibt sich aus der Beziehung $\operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos \gamma}$.
Von gutem Erfolg waren auch Untersuchungen an schwach kegeligen Körpern, weil sich bei diesen in einem der zwischen dem größten und kleinsten liegenden Querschnitte die zur Sichtbarmachung erforderliche Spannung leicht einstellen ließ. In Abb. 5 und 6 ist ein kegeliger Druckkörper wiedergegeben, bei dem der Gleitflächen-Neigungswinkel gemäß der obigen Beziehung zu 48° ermittelt wurde. Abb. 7 und 8 zeigen einen kegeligen Zugstab, bei dem die Überschreitung der Fließgrenze auf Ebenen, die unter stumpfem Winkel gegeneinander geneigt sind, eintrat. Der Längsschliff eines bis zum Bruch beanspruchten, auf der ganzen Länge geflossenen Flußeisenzugstabes, Abb. 9 und 10, ist dunkel, weil die einzelnen Gleitflächen ineinander übergegangen sind, während die dickeren Stabköpfe, die bei der erreichten Höchstlast noch nicht bis zur Fließspannung belastet wurden, hell erscheinen. Der Übergang dieser beiden Teile ist kegelförmig. Die Zugprobe, Abb. 11 und 12, von gleicher Form wie Abb. 9 und 10, wurde bei Beginn der Einschnürung entlastet; nach Entfernung der Fließlinien durch Ausglühen wurde sie zerrissen. Offenbar nahm der außerhalb der Einschnürung liegende Werkstoff an der Formänderung nicht mehr teil. Das Abgleiten ging auf einem stumpfen Kegel vor sich und innerhalb dieses noch auf einer Fläche. Die Gleitflächen bilden bei allen Zugproben einen Winkel $\beta' > 45°$ mit der Dehnungsachse und bei allen Druckproben einen Winkel $\beta > 45°$ mit der Senkrechten zur Stauchungsachse.

Die Proben, Abb. 2 bis 12, sprechen für die Rutschkegelhypothesen von Riedel und Hohenschutz. Kegel entstehen anscheinend nur dann, wenn die Endflächen gleichmäßig aufliegen und die Belastung zentrisch wirkt. Häufig vollzieht sich das Gleiten in irgendwelchen Ebenen, wie Abb. 3 bis 8 sowie 11 und 12 zeigen. Immerhin sind in den Fällen, Abb. 9 und 10 sowie 11 und 12, die stark geflossenen Teile der Proben von den übrigen sichtlich durch Kegel getrennt. Die Entstehung dieser Kegel dürfte etwa folgendermaßen gedacht werden. Abb. 13 sei der Axialschnitt eines prismatischen auf Druck beanspruchten Kör-

Abb. 1. Druckversuch an einem Bleizylinder von 19,4 mm Dmr. und $h = 50{,}1$ mm.

Abb. 2. Einseitig im Schraubstock eingespannter Biegestab, Längsschnitt.

[1]) Auszug aus der gleichnamigen Doktorarbeit vom Juli 1923.

[2]) Ueber die Grundlagen zur Ermittlung des Arbeitsbedarfes beim Schmieden unter der Presse, Forschungsarbeiten Heft 141; Z. Bd. 57 (1913) S. 845.

[3]) Doktorarbeit 1920, Technische Hochschule, Aachen.

[4]) Die Rutschkegelbildung als Grundlage für das Materialprüfungswesen, Z. Bd. 66 (1922) S. 566.

[5]) Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts, Paris 1896.

[6]) Kraftwirkungsfiguren in Flußeisen, dargestellt durch ein neues Ätzverfahren. Stahl und Eisen Bd. 41 (1921) S. 1093.

Abb. 3 und 4. Druckprobe am zylindrischen Druckkörper. Abb. 5 und 6. Druckprobe am kegeligen Druckkörper. Abb. 7 und 8. Kegeliger Zugstab. Abb. 9 und 10. Bis zum Bruch beanspruchter Flußeisenzugstab. Abb. 11 und 12. Zugprobe mit Entlastung bei Beginn der Einschnürung. Abb. 13. Prismatischer auf Druck beanspruchter Körper. Abb. 14. Axialschnitt eines Zugstabkopfes.

pers. Die größte Schubbeanspruchung möge in den unter einem bestimmten Winkel sich kreuzenden Linien a-b herrschen. Teilchen, die von diesen Linien begrenzt sind, werden längs der Linien gegeneinander abgleiten, z. B. f_1 gegen f_2 in der Linie a-b. Dagegen können Teilchen wie f_3 und f_4, die innerhalb des Gebietes $a'b'a'$ liegen, sich nicht gegeneinander verschieben, weil die Grundfläche a'-a' jegliche Bewegung verhindert. Nach dieser Anschauung wird der Körper lediglich dadurch verkürzt, daß die Stoffteile sich infolge von Schubspannungen gegeneinander verschieben, wodurch sich auch das Runzligwerden der Oberfläche erklärt, siehe Teilchen f_5 und f_6. Eine Zugprobe verlängert sich in grundsätzlich gleicher Weise, siehe Abb. 14. Die innerhalb des Gebietes $a''b''a''$ befindlichen Teilchen können nicht abgleiten, weil sie durch den dickeren Kopf K festgehalten werden. Die Form der Räume, in denen kein Gleiten stattfindet, ist durch die Gestalt der Grundfläche bestimmt. So sind diese Räume z. B. bei prismatischen Proben pyramidenförmig, bei zylindrischen kegelförmig. Daß dabei nicht immer rein mathematische Kegel entstehen, zeigen u. a. Abb. 5 und 6 sowie 9 und 10, eine Erscheinung, die auf Körperform und Nebeneinflüsse zurückzuführen ist.

Die an reinen Zug- und Druckproben ermittelten Winkel zwischen Gleitfläche und Dehnungs- bzw. Stauchungsachse stimmen sinngemäß überein mit den auf der Zug- und auf der Druckseite eines Biegestabes festgestellten verschiedenen Gleitwinkeln. Hierdurch ist die von Prof. Dr. Müller, Darmstadt[1]), aufgeworfene Frage beantwortet. Nach dessen Ausführungen war es nämlich nicht gelungen, an reinen Zug- und Druckproben Frysche Kraftwirkungslinien sichtbar zu machen; aus diesem Grunde konnte nicht entschieden werden, ob die Fry-Linien in Biegestäben auf die Normalspannungen oder auf die durch die Querkräfte bedingten Schubspannungen zurückzuführen sind. Einwandfrei geklärt wurde diese Frage allerdings erst dadurch, daß es gelang, Frysche Linien an einem durch ein gleichbleibendes Moment belasteten, also von Querkräften freien Biegestab, Abb. 15, nachzuweisen. Auffallend ist, daß die Fryschen Linien bis zur Stabmitte reichen, obwohl die Fließspannung in den äußersten Fasern nur wenig überschritten wurde.

Auch bei elastischen Formänderungen zeigen die an den Stabgrundflächen liegenden Gebiete besonderes Verhalten. So beobachtete ich in polarisiertem Licht an mechanisch beanspruchten Zelluloidstäben folgendes: An den Enden von Zug- und Druckproben heben sich dreieckige Flächen durch ihre Farbe von den übrigen Stabteilen deutlich ab; hierbei ist der Scheitelwinkel der Zugprobe stumpf, der der Druckprobe spitz. Da die Linien beim Entlasten wieder verschwinden, handelt es sich um elastische Formänderungen. Die Färbung an sich rührt, wie Brewster schon 1875 gefunden hat, von der Doppelbrechung her, die die Körper durch Beanspruchung erfahren. Die einzelnen farbigen Linien sind Orte gleicher Schubbeanspruchung; vergl. auch die eingehenden Versuche von Prof. Coker[2]).

[1]) Beanspruchungshöhe, Korngröße und Temperatur bei Ermüdungserscheinungen Z. Bd. 67 (1923) S. 357.

Abb. 15. Durch gleichbleibendes Moment belasteter, von Querkräften freier Biegestab.

Im Anschluß hieran machte ich Druckversuche an vollkommen elastischen Gummizylindern, die die gleichen äußeren Formen annahmen wie bleibend verformte plastische Körper; nämlich zunächst Ausbauchungen in der Nähe der Endflächen, die sich bei weiterem Zusammendrücken nähern und schließlich zur Tonnenform führen.

Aber auch andre Untersuchungen weisen auf die Wirkung von Zug- und Druckkegeln hin, so z. B. Versuche an Proben verschiedener Länge. Prof. R. Baumann[3]) untersuchte Flußeisenzugstäbe mit Eindrehungen, um nachzuweisen, daß die Fließspannung und die Zugfestigkeit mit abnehmender Eindrehungslänge zunehmen. An den von Baumann gegebenen Kraftverlängerungskurven einer solchen Reihe von Stäben fällt auf, daß die Höchstlast bis zu einem bestimmten Verhältnis $\frac{l}{d}$ unveränderlich ist. Von diesem Wert ab steigt sie jedoch mit abnehmendem $\frac{l}{d}$. Wählt man als Abszisse die Dehnung statt der Verlängerung, so wird das eigenartige Verhalten der Stäbe, für die $\frac{l}{d}$ kleiner als ein bestimmter Wert ist, noch deutlicher.

Stark ausgeprägt ist die Erhöhung der Fließspannung, die in Abb. 16 Kurve I in Abhängigkeit von $\frac{l}{d}$ dargestellt

[2]) Tension tests of materials, „Engineering" Bd. 115 vom 7. Januar 1923.
[3]) Zugversuche mit Stäben, die Eindrehung besitzen, Z. B. 56 (1912) S. 1314.

Abb. 16. Zugversuche an Flußeisenstäben verschiedener Gebrauchlänge.

Abb. 17. Druckversuche an Messingzylindern von gleichem Durchmesser und verschiedener Höhe.

ist. Kurve II ist das Ergebnis eigener Zugversuche an Flußeisenstäben verschiedener Gebrauchlänge. Bei allen bis zum Bruch belasteten Stäben wurde der Bruchwinkel am kegeligen Rande zu 40 ° gemessen. Nimmt man den Zugkegelwinkel gleich dem Bruchwinkel an, so ist das kritische Verhältnis (dies entspricht der Körperlänge, bei der sich die Zugkegelspitzen berühren) $\frac{l}{d} = \text{tg } 40° = 0{,}84$. Dieser Wert fällt gut mit dem Knick in den Kurven I und II zusammen.

Daß oberhalb des kritischen Verhältnisses die Fließspannung unveränderlich ist, darf — jedenfalls für Flußeisen — aus den eingehenden Versuchen von Prof. M. Rudeloff[1]) hergeleitet werden. Bei Annahme von stumpfen Zugkegeln ist aber die Erhöhung der Fließspannung unterhalb des kritischen Verhältnisses verständlich, weil dann die Kegelspitzen ineinander liegen (s. Abb. 16) und somit nach den obengemachten Ausführungen ein nur durch die Schubfestigkeit bedingtes Abgleiten nicht mehr in Frage kommt. Vielmehr müssen die sonst von Gleitvorgängen freien Grundkegel an den Formänderungen teilnehmen. In ganz entsprechender Weise wurde an verschieden hohen Druckproben gleichen Durchmessers aus Gußeisen und aus Messing eine Erhöhung der Festigkeit unterhalb eines bestimmten $\frac{h}{d}$ festgestellt; hierbei war dieses kritische $\frac{h}{d}$ gleich der Tangente des für alle Probekörper gemeinsamen Bruchwinkels β. Bei Gußeisen betrug tg 55 ° = 1,43, bei Messing tg 47 ° = 1,07.

Von besonderer Bedeutung ist die Gegenüberstellung der in Abb. 17 dargestellten Kraftdehnungskurven dreier Messingkörper. Bei gleicher Belastung hat Probe a mit $\frac{h}{d} = \frac{11{,}03}{15{,}03}$, also $< 1{,}07$, sichtlich geringere Dehnung als Probe b und c mit $\frac{h}{d} = \frac{19{,}61}{15{,}02}$ bzw. $\frac{24{,}95}{14{,}9}$. Darüber hinaus hat Probe b den von Dr.-Ing. Riedel als kritischen Punkt K bezeichneten Knick in der Kraftdehnungskurve, der $\beta = 47{,}5°$ ergibt, einen Winkel, der in guter Übereinstimmung zu dem gemessenen Bruchwinkel von 47 ° steht.

Die Kraftdehnungskurve der Probe c verläuft bis zum Bruch nach unten gewölbt, weil der Bruch eintrat, bevor die Druckkegelspitzen sich berührten. Demgegenüber ist die Schaulinie der Probe a, bei der die Druckkegel schon bei Versuchsbeginn ineinander steckten, in Übereinstimmung mit dem hyperbolischen Verlauf der Riedelschen Kurve nach der andern Seite gekrümmt.

So bemerkenswert auch die Versuche an Proben verschiedener Länge sind, so ermöglichen sie doch nicht die genaue Bestimmung der Gleitwinkelgröße. Druckversuche an Riedelschen Doppelkegeln mit verschiedenem Neigungswinkel (45 ° bis 60 °) erwiesen sich hierzu ebenfalls als unbrauchbar, weil die Spannungsdehnungskurven zu geringe Unterschiede zeigten.

Die geringe Abweichung zwischen dem an den Messingproben gemessenen Druckwinkel $\beta = 47°$ und dem aus der Druckkurve b, Abb. 17, ermittelten $\beta = 47{,}5°$ veranlaßte mich, auf die Bestimmung der Winkelgröße aus dem kritischen Punkt der Druckkurve zurückzugreifen. Wohl schien es angebracht, zur Bestätigung einen zweiten Versuch zu machen, wofür ein so bemessener Doppelkegel gewählt wurde, daß die über den Endflächen sich bildenden Druckkegel noch nicht zusammentrafen. Auf diese Weise konnten gleichzeitig Winkelgröße und Doppelkegelfestigkeit σ_g ermittelt werden. Da die Doppelkegelfestigkeit σ_g — die auf den kleinsten Querschnitt bezogene Spannung — nach Erreichen des Höchstwertes für eine beträchtliche Stauchung nahezu unveränderlich bleibt und, wie oben schon erwähnt, der Kegelneigungswinkel im Bereich von 45 ° bis 60 ° ohne merklichen Einfluß ist, so schien

[1]) Versuche mit Stäben von gleichem Querschnitt, aber verschiedenen Längen. Mitt. Materialpr.-Amt 1916 S. 207.

Abb. 18. Druckversuch an einem Kupferzylinder.

Abb. 19. Druckversuch an einem Doppelkegel aus Kupfer.

sie mir als Ersatz für die bei bildsamen Stoffen fehlende Druckfestigkeit geeignet. Denn weiche Stoffe lassen sich weitgehend zusammendrücken, ohne zu brechen. Außerdem wurde noch je eine Zerreißprobe vorgenommen, um den Bruchwinkel beim Zugversuch und die Zugfestigkeit zu ermitteln. Die letztere erregte meine Aufmerksamkeit, weil mir die Einfügung der Doppelkegelfestigkeit an Stelle der Druckfestigkeit in die Mohrsche Festigkeitstheorie von Bedeutung schien. Die Mohrsche Theorie[1]) lautet in vereinfachter Darstellung:

$$\cos\varphi = \frac{\sigma - \sigma_z}{\sigma + \sigma_z},$$

wenn $\varphi = 180° - 2\beta = 180° - 2\beta'$, σ = Druckfestigkeit und σ_z = Zugfestigkeit ist. Unter Zugfestigkeit ist die auf den Bruchquerschnitt bezogene Spannung zu verstehen. Zunächst machte ich die erwähnten drei Versuche an Flußeisen 1 und 2, weil an diesen bereits metallographische Untersuchungen vorlagen. Die vergleichenden Ergebnisse sind in Zahlentafel 1 eingetragen.

Zahlentafel 1.

Art des Versuches	Gleitwinkel in Grad für Flußeisen 1	Gleitwinkel in Grad für Flußeisen 2
Zugstab, metallogr. Untersuchung	48,6	—
Druckstab „ „ . . .	47,6	48
Zylinderdruckversuch	49,0	49,3
Doppelkegel-Druckversuch . . .	49,3	49,5
Bruchwinkel beim Zerreißversuch	50	50
Nach der Mohrschen Theorie (aus σ_z und σ_z)	47,7	48,6

Die recht gute Übereinstimmung der nach den verschiedenen Verfahren ermittelten Gleitwinkelgröße läßt erstens den Schluß zu, daß die an der Fließgrenze auftretenden Gleitflächen dieselben sind wie die, in denen die späteren bleibenden Formänderungen vor sich gehen und längs deren schließlich der Bruch eintritt. Zweitens spricht sie für die Zuverlässigkeit der aus dem kritischen Punkt der Druckkurve bestimmten Gleitwinkelgröße. Drittens bestätigt sie im Falle von Flußeisen, daß die Mohrsche Gleichung zutreffende Werte für die Gleitwinkel liefert, wenn für die Druckfestigkeit die Doppelkegelfestigkeit eingesetzt wird. Daher nahm ich die drei mechanischen Proben an weiteren 22 Stoffen vor, deren Ergebnisse teilweise in Zahlentafel 2 zu finden sind. Von den Druckkurven sind nur die für Kupfer in Abb. 18 und 19 wiedergegeben.

Der kritische Punkt in den Druckkurven zeigte sich mehr oder weniger deutlich bei der Mehrzahl der Werkstoffe; Ausnahmen bildeten Elektron und Gußeisen, die vor Erreichen dieses Punktes brachen.

Zylinder- und Doppelkegel-Druckproben liefern nahezu die gleichen Winkel. Die Größe der Winkel liegt zwischen 46° und 59°. Da an einem und demselben Werkstoff die Winkelunterschiede im allgemeinen 1°, höchstens 2,5° betragen, so muß im Gegensatz zu Dr.-Ing. Riedel behauptet werden, daß die Winkel bei den einzelnen Stoffen verschieden sind. Ein bestimmter Zusammenhang zwischen der Größe des Winkels und andern Eigenschaften läßt sich aber trotz der vielen Versuche nicht erkennen.

[1]) Abhandlungen aus dem Gebiete der techn. Mechanik 1906/1914.

Abb. 20. Bruchgrenze für Gußeisen in Mohrscher Darstellung.

Die vereinfachte Form der Mohrschen Theorie liefert mit der Wirklichkeit übereinstimmende Gleitwinkel für Blei, Duralumin, Kupfer, Flußeisen, Flußstahl, Messing, Elektron und Manganbronze, wenn als Druckfestigkeit die Doppelkegelfestigkeit σ_g zugrunde gelegt wird. Letztere darf somit wohl als Ersatz für die fehlende Druckfestigkeit hingenommen werden. Die Mohrsche Näherungsformel versagt bei Zink, vier Sorten nahezu reinen Aluminiums, Stahlphosphorbronze und Gußeisen. Das abweichende Verhalten des bildsamen Aluminiums und des Zinkes darf wohl darauf zurückgeführt werden, daß diese Metalle wegen der verhältnismäßig großen Kristalle, die sie bilden, nicht mehr als quasiisotrop angesprochen werden können, wodurch die Grundbedingung der Mohrschen Theorie nicht erfüllt ist. Bemerkenswert ist, daß die übrigen Werkstoffe, die Unstimmigkeiten zeigen, beim Zugversuch Trennungsbruch aufweisen. In Abb. 20 sind für eine Gußeisensorte die Spannungskreise der reinen Zug- und Druckfestigkeit (σ_z bzw. σ) eingetragen; ferner die dem Mohrschen Sonderfall entsprechende Tangente g-g sowie der von der σ-Achse und der Senkrechten MN_m gebildete Winkel $\varphi = 180° - 2\beta_m$. Der am gebrochenen Druckkörper gemessene Winkel β ist (wie auch bei den andern Stoffen mit Trennungsbruch) kleiner als der Winkel β_m und entspricht einer Grenzkurve, die etwa nach g'-g' verläuft. Demnach sind die Unterschiede in den Winkeln β und β_m in der Annäherung der Grenzkurve zu suchen; die vereinfachte Mohrsche

Zahlentafel 2. Zusammenstellung der Zerreißversuche, Zylinder- und Doppelkegel-Druck-Versuche an verschiedenen Werkstoffen.

Nr	Werkstoff	Zerreißversuch (Proportionalstab): wirkliche Zerreißfestigkeit σ_z kg/cm²	Zerreißversuch: Bruchwinkel β'°	Zylinder-Druckversuch: Druckfestigkeit σ kg/cm²	Zylinder-Druckversuch: Bruchwinkel β°	Zylinder-Druckversuch: aus dem kritischen Punkt der Druckkurve β°	Doppelkegel-Druckversuch: aus dem kritischen Punkt der Druckkurve β°	Doppelkegel-Druckversuch: Doppelkegelfestigkeit σ_g kg/cm²	Vereinfachte Mohrsche Theorie $\varphi = 180° - 2\beta$: $\cos\varphi = \frac{\sigma - \sigma_z}{\sigma + \sigma_z}$ β_m°	Vereinfachte Mohrsche Theorie: $\cos\varphi = \frac{\sigma_g - \sigma_z}{\sigma_g + \sigma_z}$ β_m°
1	Blei	444	54	—	—	49,5	52	635	—	50
2	Zink	1085	Trennungsbruch	—	—	49,7	49,7	4 750	—	63,6
3	Aluminium 0,99	1062	48,5	—	—	49,8	49,3	2 350	—	56,2
4	Duralumin	4620	51,5	—	—	51,1	53,2	7 450	—	51,7
5	Kupfer	4130	50	—	—	49,8	49,9	6 250	—	50,9
6	Flußeisen 1	8620	50	—	—	49	49,3	10 350	—	47,7
7	Flußeisen 2	8420	50	—	—	49,3	49,5	11 250	—	48,6
8	Flußstahl	9200	50	—	—	50,4	50,4	13 650	—	50,6
9	Messing	6420	47,5	7200	47	47,5	—	—	46,6	—
10	Elektron	2970	47,5	3340	47	—	—	4 450	46,4	51,0
11	Stahlphosphorbronze . .	1630	Trennungsbruch	8250	54	52,5	52,5	11 650	66	69
12	Manganbronze	5680	—	8500	—	51,3	50,7	12 150	50,7	55,7
13	Gußeisen	1540	Trennungsbruch	7130	59	—	—	9 600	65,4	68,2

Fassung kann also auf spröde Körper nicht angewandt werden. Hervorzuheben ist, daß bei einer Grenzkurve g'-g' der Zuggleitwinkel β' größer sein muß als der Winkel β_m, woraus folgt, daß die Stoffe, die der Mohrschen Näherungsformel nicht folgen, verschiedene Zug- und Druckgleitwinkel (β' bzw β) haben.

Für die Werkstoffprüfung glaube ich folgende Feststellungen hervorheben zu müssen:

1. Die Länge der Zugstäbe ist ohne Einfluß
   a) auf die Zugfestigkeit, sofern die an den Einspannköpfen sich bildenden Kegel oder Pyramiden nicht ineinanderstoßen,
   b) auf die Dehnung unterhalb der Höchstlast, wenn die Längenänderungen auf einer Strecke gemessen werden, die zwischen den Kegelspitzen liegt.
2. In Rücksicht auf die Entstehung von spitzen Druckkegeln sind die gebräuchlichen Abmessungen der Druckproben unzweckmäßig; denn infolge der ineinanderstoßenden Druckkegel ist bei diesen die Festigkeit höher und die Dehnung geringer als bei langen Körpern, z. B. bei Säulen.

   Außerdem ist die Steigerung der Festigkeit und die Verminderung der Dehnung verschieden je nach der Größe des Gleitwinkels. Die Proben zur Bestimmung der Festigkeit müssen so bemessen sein, daß die Kegel oder Pyramiden nicht zusammenstoßen. Die Dehnung muß an Stabteilen festgestellt werden, die durch die Kegel bzw. Pyramiden an den Endflächen nicht beeinflußt sind.
3. Die Doppelkegelfestigkeit scheint zur Beurteilung des Druckwiderstandes weicher Metalle wertvoll. [B 553]

Feinmechanische Arbeitsverfahren.

Die Feinmechanik hat, wie Dir. Föllmer auf der Betriebstechnischen Tagung des V. d. I. in Leipzig am 6. bis 8. März berichtete, im Laufe der letzten Jahrzehnte mehrere neue Arbeitsgebiete von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung erobert, die vornehmlich auch die Herstellung feinmechanischer Geräte in großen Mengen umfassen. Infolgedessen hat man hier die Verfahren der Massenfertigung verhältnismäßig gut durchgebildet. Die Mechanisierung der Arbeit findet u. a. ihren Ausdruck in der überwiegenden Verwendung von einseitig angelernten männlichen und vor allem weiblichen Arbeitern.

Die hohe Güte der Erzeugnisse gewährleisten Sondermaschinen sowie sorgfältig durchdachte Meß-, Prüf- und Überwachungsverfahren in Verbindung mit gründlicher Arbeitsunterweisung. Teilweise hat man auch schon fließende Fertigung durchgeführt, die sich durch weitgehende Arbeitsteilung und zwangläufige Beförderung der Werkstücke von Arbeitsplatz zu Arbeitsplatz kennzeichnet. Die neuzeitlichen Anforderungen der feinmechanischen Fertigung bedingen die Heranbildung eines Nachwuchses, der nicht nur fachlich, sondern vornehmlich auch technisch-wirtschaftlich denken gelernt hat. [N 315] Stz.

Besuch der Technischen Hochschulen des Deutschen Reiches im Winterhalbjahr 1924/25.

Gegenüber dem Vorjahr[1]) hat sich die Gesamtzahl der Studierenden wieder vermindert, wie aus Zahlentafel 1 zu ersehen ist, und zwar in stärkerem Maß als im Winterhalbjahr 1923/24 gegenüber 1922/23. Indessen ist, wie Zahlentafel 2 erkennen läßt, die Gesamtzahl der Studierenden noch immer rd. doppelt, diejenige der Studierenden des Maschineningenieurwesens und der Elektrotechnik sogar rd. dreimal so hoch als die entsprechenden Zahlen im Winterhalbjahr 1913/14[2]).

Zahlentafel 2. Verhältniszahlen für die Zunahme der Winterhalbjahre 1923/24 und 1924/25 gegen 1913/14.

	Gesamtzahl der Studierenden	Verhältniszahl	Maschineningenieurwes. und Elektrotechnik	Verhältniszahl
W.-S. 1913/14 .	11 726	1	4 304	1
„ 1923/24 .	27 573	2,43	13 950	3,24
„ 1924/25 .	24 671	2,11	13 019	3,02

Der Rückgang verteilt sich ziemlich gleichmäßig auf alle Abteilungen, außer der Abteilung für Schiff- und Schiffsmaschinenbau, die eine geringe Steigerung in der Hochschule Danzig aufzuweisen hat. Als einzige Hochschule weist Aachen eine nicht unerhebliche Steigerung der Besucherzahl auf. Auch in diesem Jahr haben wir die Einteilung in Abteilungen beibehalten, um die nichtpreußischen Hochschulen, die die neue Einteilung in Fakultäten noch nicht vorgenommen haben, mit den preußischen Hochschulen in Vergleich setzen zu können. [N 327] Sd.

Zahlentafel 1. Besuch der Technischen Hochschulen und Bergakademien Deutschlands im Wintersemester 1924/25.

Abteilungen		Aachen	Berlin	Braunschweig	Breslau	Clausthal	Danzig	Darmstadt	Dresden	Freiberg	Hannover	Karlsruhe	München	Stuttgart	Gesamtzahl der Studierenden W.-S. 1924/25	W.-S. 1923/24[1])	W.-S. 1913/14[2])
Architektur	Stud.	41	216	77	—	—	100	138	183	—	115	85	302	212	1469	1542	1921
Bauingenieurwesen	„	70	319	92	—	10[3])	206	204	244	—	266	218	395	215	2239	2725	2717
Maschineningenieurwesen	„	219	1238	371	400	—	561	861	} 1117	—	1084	448	} 2223	} 1026	} 13019	} 13950	3040
Elektrotechnik	„	131	994	167	242	—	324	679		—	568	366					1264
Schiff- und Schiffsmaschinenbau	„	—	207	—	—	—	145	—	—	—	—	—	—	—	352	345	233
Chemie, Elektrochemie, Pharmazie	„	92	326	311	138	—	96	252	433	—	241	219	433	} 378	} 3900	3432	1422
Hüttenkunde	„	248	149	—	176	226	—	—	—	135	—	—	47			988	429
Bergbau	„	171	383	—	75	547	—	—	—	446	—	—	—	—	1622	1736	106
Land- und Forstwirtschaft	„	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	277	—	277	396	191
Allgem. Wissenschaften	„	29	45	42	36	4	90	52	487	—	72	49	727[4])	160	1793	2459	403
Studierende zusammen		1001	3877	1060	1067	787	1522	2186	2464	581	2346	1385	4404	1991	24671	27573	11726
Hörer und Gastteilnehmer		379	400	374	84	23	183	450	588	12	331	185	311	518	3838	4111	403
Gesamtzahl im W.-S. 1924/25		1380	4277	1434	1151	810	1705	2636	3052	593	2677	1570	4715	2509	28509	—	—
„ „ „ 1923/24		1044	4767	1565	1225	913	1634	2957	4062	721	3068	1633	5262	2833	—	31684	-
„ „ „ 1913/14		1071	2978	668	357	—[5])	1329	1585	1647	—[5])	1771	1330	2900	1351	—	—	12129

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 396. [2]) Z. Bd. 58 (1914) S. 155. [3]) Markscheider. [4]) Darunter 606 Stud. der Wirtschaftswissenschaften. [5]) Nicht ermittelt.

Dampfkesselroststäbe mit Schutzüberzug.

Von Robert Hopfelt, Direktor der Metallisator-A.-G., Hamburg.

Chemische Zusammensetzung und Gefüge der Hartguß- und Graugußroststäbe vor und nach ihrer Verwendung im Feuer. Die Gründe des Verschleißes der Roststäbe. Schutz durch einen Aluminiumüberzug. Aluminium-Eisen-Legierungen für Roststäbe.

Einleitung.

Die Abnutzung der Roststäbe in einem Dampfkessel ist abhängig von der Bauart des Kessels, seiner Inanspruchnahme und von dem verwendeten Brennstoff. Seit dem Krieg ist die Beschaffenheit der Kohlen zum Teil schlechter geworden, so daß die Frage des Roststabersatzes heute noch wichtiger ist als früher. Aber selbst bei guten Brennstoffen lassen sich an Roststäben bedeutende Ersparnisse erreichen, wenn die Stäbe sachgemäß hergestellt werden; von der Güte der Roststäbe hängt auch der Wirkungsgrad der Kesselfeuerung in gewisser Hinsicht ab.

Bekanntlich gibt es eine große Anzahl von Roststabkonstruktionen, die bezwecken, die freie Rostfläche zu vergrößern und die erzeugte Wärme von der Roststabbahn besser abzuleiten, damit durch Temperaturminderung die Lebensdauer der Stäbe erhöht wird. Hierauf soll sich aber die vorliegende Arbeit nicht erstrecken, sondern es wird die gleiche Form der Roststäbe bei allen Versuchen angenommen, und nur die Wahl des Stoffes soll besprochen werden.

Für Roststäbe wurde anfänglich Schmiedeeisen, später Grauguß und in den letzten Jahren Hart- und teilweise sogar Stahlguß verwendet. Je härter der Stoff der Roststäbe ist, um so größer wurde deren Lebensdauer im allgemeinen angenommen. Zur Herstellung des Hartgusses wird die Brennbahn der Stäbe meist auf einer starken Eisenplatte abgeschreckt, jedoch erschwert und verteuert diese Art der Herstellung die Erzeugung der Roststäbe, so daß nur wenige Fabriken ihr treu geblieben sind. Die meisten Roststäbe werden heute aus minderwertigem Eisen gegossen, das infolge der Zusätze auch bei langsamer Abkühlung ziemlich hart ist.

Versuche.

Roststäbe mit gehärteter Bahn.

Um nun festzustellen, ob die größere Härte besondere Vorteile hat, haben wir Roststäbe mit abgeschreckter Bahn und solche aus gewöhnlichem Roststabguß zusammen in ein Feuer eingebaut, in dem die Roststäbe bisher infolge der schlechten Beschaffenheit der Kohlen eine besonders kurze Lebensdauer aufwiesen.

Die Roststäbe mit abgeschreckter Bahn hatten ein durch starken Stahlzusatz hervorgerufenes feinkörniges Gefüge und zeigten drei ziemlich scharf abgegrenzte Zonen. An der Brennbahn lag die etwa 5 mm breite und helle Abschreckzone. An diese schloß sich ein dunkelgefärbter feinkörniger Teil an, der nach unten in eine grobkörnigere Schicht auslief. Wenn das Gefüge dieser drei Zonen auch stark von einander abwich, so brauchte nur der Hauptteil analytisch untersucht zu werden, da in chemischer Beziehung kein großer Unterschied vorhanden sein konnte. Dieser Teil enthielt die Beimengungen, die in Zahlentafel 1 unter 1a aufgeführt sind.

Nachdem die Roststäbe etwa 600 h im Feuer gelegen hatten, wurden sie ausgebaut und untersucht. Das Äußere der meisten Stäbe entsprach etwa der Abb. 1 und 2. Wie man sieht, waren die Stäbe stark angegriffen und kaum noch zu verwenden. Die chemische Untersuchung wurde jetzt an den drei Schichten getrennt vorgenommen, um die Veränderungen festzustellen, die durch die hohe Temperatur des Feuers entstanden waren. Die obere weiße Schicht ergab hierbei die Werte, die in Zahlentafel 1 unter 1 b enthalten sind. Die mittlere Schicht zeigte die Werte 1 c und die dritte Schicht die Werte 1 d.

Besonders auffallend hatte sich die Abschreckzone (1 b) verändert. In dieser war der Schwefelgehalt von 0,09 vH auf 0,95 vH gestiegen. Gleichzeitig war der Kohlenstoff

RZ881Z1-2

Abb. 1 und 2. Formen der Versuchsroststäbe mit abgeschreckter Bahn.

RZ881Z3

Abb. 3. Ursprüngliche scharfkantige Form der Abschreckzone.

RZ881Z4

Abb. 4. Abschreckzone, infolge der Hitze seitwärts abgewichen.

RZ881Z5

Abb. 5. Abschreckzone, an den Seitenkanten nach unten gesunken.

Zahlentafel 1. Chemische Zusammensetzung der Roststäbe in vH.

Art der Roststäbe / Untersuchte Zone	mit abgeschreckter Bahn				aus gewöhnl. Grauguß			metallisiert, abgeschr. Bahn			metallisiert, gewöhnl. Grauguß	
	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	3a	3b	3c	4a	4b
Gesamte Kohlenstoffmenge	3,40	0,38	3,50	2,60	3,75	3,60	3,50	3,60	3,50	3,55	3,60	3,62
Graphit	1,28	0,26	3.17	2,52	2,70	2,60	2,65	2,78	2,36	1,82	2,69	2,73
Karbidkohle	2,12	0,12	0,33	0,08	1,05	1,00	0,85	0,82	1,14	1,73	0,91	0,89
Silizium	1,89	1,28	1,80	1,90	2,30	1,68	2,33	1,69	1,65	1,72	2,28	2,26
Mangan	0,34	—	—	—	0,42	0,44	0,43	0,46	0,46	0,48	0,43	0,42
Phosphor	1,06	—	—	—	1,02	1,01	1,01	0,95	0,96	1,00	0,99	1,02
Schwefel	0,09	0,95	0,21	0,12	0,11	0,38	0,11	0,07	0,09	0,07	0,12	0,13

RZ881Z6-7

Abb. 6 und **7.** Mikroskopische Schliffbilder mit zahlreichen Sulfiteinschlüssen zwischen polyedrischen Ferritkristallen.

aber zum größten Teil zersetzt oder ausgetrieben worden, denn die gesamte Kohlenstoffmenge war von 3,4 vH auf 0,38 vH gesunken. Hierbei hatte sich auch die Form der Abschreckzone stark verändert. Während sie ursprünglich scharfkantig war, Abb. 3, ist sie infolge der auftretenden Hitze seitwärts ausgewichen, Abb. 4, und schließlich an den Seitenkanten des Stabes nach unten gesunken, Abb. 5, wobei der obere Teil des Roststabes ein rundes Aussehen erhalten hat. An und für sich hat das abgeschreckte, also weiße Gußeisen einen niedrigeren Schmelzpunkt als Grauguß. Durch die Gefügeveränderung in diesem Teil des Stabes war aber offenbar der Schmelzpunkt des Eisens noch mehr herabgesetzt worden, so daß eine weitere Klärung dieser Frage notwendig erschien. Es wurden deswegen noch einige mikroskopische Schliffbilder angefertigt, die aus Abb. 6 und 7 zu ersehen sind und zeigen, daß zahlreiche Sulfiteinschlüsse zwischen polyedrischen Ferritkristallen liegen; diese sind wohl neben den gefügelockernden Eisensulfidkristallen in erster Linie die Veranlassung für das Abschmelzen der Bahn.

In der anschließenden mittleren Zone (1 c) hatte sich der Kohlenstoffgehalt auf 3,5 vH erhöht. Offenbar hatte der Schwefel also den Kohlenstoff vor sich her getrieben und so die Anreicherung in der Zone hervorgerufen. Es ist auch zu bemerken, daß in der unteren Zone (1 d) nur 2,6 vH Kohlenstoff vorhanden waren. Man kann hieraus wohl schließen, daß der Kohlenstoffgehalt in diesem untersuchten Roststab von vornherein geringer war als in dem Stab, der bei der Untersuchung 1 a verwendet worden ist. Aber um so auffallender ist der Unterschied zwischen der unteren und der mittleren Zone, in der der Kohlenstoffgehalt demnach angewachsen war. Mikroskopisch läßt sich in der mittleren Zone noch feststellen, daß sich hier starke Spannungen gebildet haben, die die Veranlassung zu Hohlräumen gaben. In diesen Hohlräumen hatte sich der Graphit angelagert, der durch den Zerfall des Perlits bei 740 °C ausgeschieden war. Der Bruch erhielt hierdurch ein schwammiges, dunkelgefärbtes Aussehen.

Roststäbe aus Grauguß.

Ebenso wurden die Roststäbe aus Grauguß untersucht. Die Analyse eines unbenutzten Stabes (die Späne waren in einem Abstand von 25 mm von der Brennbahn entnommen worden) ergab die Werte 2 a in Zahlentafel 1. Die Stäbe wurden ebenso wie die mit gehärteter Bahn etwa 600 h im Feuer gelassen. Beim Ausbau wurde dann beobachtet, daß sie ebenfalls stark verbrannt waren. Während aber die zuerst beschriebenen Stäbe auf der ganzen Länge gleiches Aussehen zeigten, waren die Brandstellen hier nicht gleichmäßig verteilt. Worauf das zurückzuführen ist, konnte nicht festgestellt werden. Auch an diesen Stäben wurden Untersuchungen vorgenommen, die aber von den ersteren sehr abweichende Ergebnisse zeigten.

Unter dem Mikroskop ließ sich der Zerfall des perlitischen Gefügebestandteils bis etwa 35 mm von der Bahn abwärts verfolgen. Die Analyse der Brennbahn ergab die Werte 2 b, und in einer Entfernung von rd. 25 mm entsprachen die Werte der Reihe 2 c in Zahlentafel 1. Auch in diesem Falle hatte sich der Teil an der Brennbahn wiederum mit Schwefel angereichert, ohne daß freilich eine Wanderung oder eine Zersetzung der Kohle zu beobachten war; dagegen ist hier der Gehalt an Silizium in der Nähe der Brennbahn geringer geworden.

Im Vergleich zu den Stäben mit gehärteter Bahn dürften nach diesen Versuchen die Stäbe aus Grauguß günstiger sein, wenn auch ein einzelner Versuch zu keinem abschließenden Urteil führen kann, da der Zufall oftmals eine zu große Rolle spielt. Aber man darf vielleicht aussprechen, daß die Stäbe aus Grauguß nicht empfindlicher sind als die Hartgußstäbe.

Ursache des Angriffes der Stäbe.

Wichtiger als der Vergleich zwischen der verschiedenen Herstellungsweise der Roststäbe dürfte die Frage sein: wodurch werden die Roststäbe im Feuer angegriffen? Auch hierauf geben die Versuche recht gute Auskunft.

Bei hohen Temperaturen wird Eisen, insbesondere Schmiedeeisen, stark durch den Sauerstoff der Luft oxydiert. Die gebildeten Oxydschichten blättern aber ab, sobald sie eine gewisse Dicke erreicht haben, so daß die Oxydierung immer von neuem vor sich gehen kann. Hierdurch wird das Eisen in verhältnismäßig kurzer Zeit verbraucht. Gußeisen ist nun nicht ganz so empfindlich wie Schmiedeeisen, obwohl die Oxydierung des Gußeisens bei Temperaturen über 750 °C auch recht schnell vor sich geht. Da sich nun in jeder Kohle Silikate befinden, bilden sich zwischen diesen und den Eisenoxyden Glasflüsse, die leichter schmelzbar sind als das Eisen selbst. Infolgedessen setzen sich die Schlacken an die Roststäbe an, und das leicht schmelzende Eisensilikat dient alsdann als Flußmittel für das übrige Eisen. Wenn sich nun die Schlitze zwischen den Roststäben durch Schlacken teilweise zugesetzt haben, steigt die Temperatur an diesen Stellen weiterhin an, da die Kühlung durch die zuströmende Luft hier verringert wird. Besonders gefährlich ist, wenn bei kleinstückigem Brennstoff größere Mengen davon in den Aschenkasten fallen; sie entzünden sich dann unter den Rosten und brennen längere Zeit fort. Die Roste werden hierbei von oben und unten gleichzeitig erhitzt und verschmoren besonders schnell.

Schädlich wirkt außerdem ein hoher Gehalt von Phosphor, da dieser den Schmelzpunkt des Eisens stark herabsetzt. Der Schwefelgehalt hat in den Mengen, wie er im allgemeinen bei ungebrauchten Roststäben vorzukommen pflegt, keinen merklichen Einfluß auf den Schmelzpunkt des Eisens, da der Schwefel in der Hauptsache als kleine Eisensulfidkristalle vom Schmelzpunkt 1210 °C im Eisen enthalten ist. Diese Kristalle machen jedoch schon bei einem Gehalt von 0,2 vH das Eisen spröde und begünstigen Abblätterungen und Rißbildungen, weshalb der Schwefelgehalt bei hoch zu erhitzenden Gußstücken möglichst niedrig bleiben sollte. Aus den mitgeteilten Untersuchungen geht aber hervor, daß das Eisen aus dem Brennstoff begierig Schwefel aufnimmt, der wiederum mit dazu beiträgt, die Lebensdauer der Stäbe stark zu vermindern.

Schutzüberzüge aus Aluminium.

Nach dem Vorstehenden würde die Verlängerung der Lebensdauer der Roststäbe möglich sein, wenn es gelänge, die Bildung der Eisenoxyde und die Aufnahme von Schwefel zu verhindern. Dies läßt sich in sehr wirksamer Weise dadurch erreichen, daß man dem Eisen an der Oberfläche einen Schutzüberzug aus Aluminium gibt, der durch Bildung von Aluminiumoxyd die Oxydation des Eisens und die Aufnahme von Schwefel beseitigt.

Zur Herstellung eines solchen Überzuges läßt sich das Metallspritzverfahren vorteilhaft verwenden, obgleich auch bei diesem besondere Vorsichtsmaßregeln zu beachten sind. Insbesondere müssen die Stäbe bei der Metallisierung bis auf Rotglut erhitzt werden, da ein kalt aufgetragener Aluminiumüberzug noch Luft einschließt, die sich bei der Erwärmung ausdehnt und den Überzug abstoßen würde.

Bei den nachfolgend beschriebenen Versuchen sind die Roststäbe immer in dieser Weise mit Aluminium überzogen worden.

Um einen möglichst einwandfreien Vergleich zu erreichen, haben wir von derselben Roststabmenge, aus der die Roststäbe für die oben beschriebenen Versuche genommen sind, einige mit Aluminium bespritzt, wobei für 1 m Roststablänge rd. 45 g Aluminium verbraucht wurden. Diese Roststäbe sind alsdann in denselben Kessel gleichzeitig mit den oben beschriebenen Roststäben eingebaut und ebenfalls etwa 600 h im Feuer gelassen worden. Nach dem Ausbau zeigten die Stäbe durchweg ein Aussehen entsprechend Abb. 8 und 9. Die Metallisierung dürfte daher im Hinblick auf die nichtmetallisierten Stäbe einen Fortschritt bedeuten. Die Analyse eines metallisierten Roststabes mit abgeschreckter Bahn ergab an der Brennbahn die Werte 3 a in Zahlentafel 1. Die Ergebnisse der mittleren Zone (etwa 35 mm von der Brennbahn entfernt) sind unter 3 b und die der unteren Zone unter 3 c aufgeführt.

Hiernach ist freilich der Perlit an der Brennbahn infolge der langen Erhitzung ebenfalls etwas zerfallen, jedoch war der Graphit nur in feineren Blättchen oder punktförmig ausgeschieden, während er sich in der Nachbarzone zu größeren Blättern vereinigt hatte. Dieser Zerfall hat aber auf die Lebensdauer der Roststäbe kaum einen Einfluß. Wichtiger ist dagegen, daß sich die Gesamtmenge des Kohlenstoffes, ferner Silizium, Phosphor und besonders der Schwefel, nicht verändert haben, während bei den nichtmetallisierten Roststäben besonders der Schwefelgehalt an der Brennbahn stark angewachsen war. In der nur teilweise metallisierten mittleren Zone hatte sich dagegen der Schwefel wieder vermehrt.

Auch von den Graugußroststäben, entsprechend dem Versuch 2 a, wurden einige mit Aluminium überzogene Stäbe in demselben Feuer erprobt, und die Analyse der Brennbahn ergab nach einer Zeit von 600 h die Werte 4 a und in der mittleren Zone (25 mm von der Brennbahn entfernt) die Werte 4 b in Zahlentafel 1.

Auch in diesem Fall ist die Aufnahme des Schwefels wirksam durch den Aluminiumüberzug verhindert worden. Die Stäbe wiesen keine Brandstellen auf. Bei diesen Stäben wurde ferner eine Härteuntersuchung vorgenommen, und zwar wurde je ein metallisierter (*A*) und ein nichtmetallisierter (*B*) Stab erprobt. Die Ergebnisse zeigt Zahlentafel 2.

Unter dem Mikroskop ließ sich der Zerfall des perlitischen Gefügebestandteils bei *A* bis auf etwa 20 mm von der Brennbahn abwärts, bei *B* bis etwa 35 mm verfolgen.

In Übereinstimmung hiermit zeigte die mikroskopische Untersuchung, daß der durch den Zerfall des Perlits entstandene Graphit sich bei *B* zu größeren Nestern vereinigt hatte als bei *A*, vergl. Abb. 10 und 11. Die dargestellten Stellen befanden sich 5 mm von der Rostbahn und 2 mm von der Seitenfläche entfernt. *A* (Abb. 10) zeigt noch das ursprüngliche tannenbaumförmige Gefüge, während bei *B* (Abb. 11) die Graphitnester deutlich hervortreten.

Der beim Zerfall des Perlits entstehende Graphit pflegt sich allmählich zu Schuppen und Nestern zusammenzuschließen, und zwar beträgt die Diffusionsgeschwindigkeit im glühenden Eisen nach G. Tammann, Göttingen, bei 1000 °C bis 1,1 mm/h. Die offensichtlich verschiedene große Geschwindigkeit der Nesterbildung bei den aluminierten und den gewöhnlichen Roststäben dürfte daher ein Beleg für die früheren Beobachtungen sein, wonach Gase die Graphitbildung und die Diffusion des Kohlenstoffes stark beeinflussen, indem das Kohlenoxyd bei Gegenwart glühenden Eisens in Kohlenstoff und Kohlensäure zerfällt, wobei jedoch die Reaktion unter andern Umständen wieder rückläufig werden kann.

Die Metallisierung scheint demnach ein Schutzmittel gegen Gasaufnahme zu sein, und die Erscheinungen bei den Proben *A* und *B* lassen sich hiernach leicht erklären. Die gleichmäßige Verteilung der Beimengungen war bei *A* noch erhalten geblieben, während sich bei *B* unter dem Einfluß von Kohlenoxyd und andern Gasen der Graphit zu größeren Nestern vereinigt hatte. Stellenweise hatte das Kohlenoxyd durch Verbrennen zu Kohlensäure Hohlräume gebildet, die wiederum gute Angriffstellen für die hocherhitzten Gase boten.

Abb. 8. und 9. Metallisierte Kesselroststäbe nach 600 h Gebrauch.

Umfang der Schutzwirkung.

Wichtig ist nun aber die Frage, wieweit sich die Schutzwirkung des Aluminiumüberzuges erstreckt. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Stücke aus Schmiedeeisen und aus Gußeisen verschieden dick mit Aluminium überzogen und die Stücke alsdann der Wirkung einer langsam ansteigenden Temperatur unterworfen. Jedesmal, wenn die Stücke einer um 50 ° höheren Temperatur ½ h ausgesetzt waren, wurden sie daraufhin untersucht, ob der Aluminiumüberzug noch erhalten oder ob Zunderbildung eingetreten war.

Hierbei wurde beobachtet, daß bei etwa 1050°C der Überzug auch in der schwächsten Auftragung nicht verändert wird. Bei 1100 °C hatte der Versuch ein unbestimmtes Ergebnis, während bei 1150 °C eine Legierung des Eisens mit dem Aluminium festgestellt werden konnte. Hierbei ist bemerkenswert, daß offenbar das Aluminium nicht in das Eisen, sondern das Eisen in das Aluminium diffundiert.

Um diese eigenartige Erscheinung genauer zu untersuchen, haben wir ein mit Aluminium überzogenes Flußeisenblech bei etwa 1200 °C in Wasserstoff 2 h lang geglüht. Die Dicke des Aluminiumüberzuges betrug 0,35 mm, jedoch war sie nach der Abkühlung durch Sinterung um 0,03 mm geringer geworden. Die Gesamtdicke der Schicht wurde dagegen zu 0,45 mm bestimmt. Hieraus ist zu ersehen, daß das Aluminium 0,12 mm tief in das Eisen diffundiert war, während umgekehrt das Eisen die Aluminiumschicht durchsetzt hatte. Es ist auch zweifellos, daß das Eisen bis an die Oberfläche der Aluminiumschicht durchgedrungen war, da eine Härteprüfung der mittleren Legie-

Zahlentafel 2.
Härteprüfung der Roststäbe.
A = metallisiert,
B = nicht metallisiert.

Stab	Abstand der Prüfstelle von der Brennbahn mm	Brinellgrade
A	15	160
B	15	149
A	35	226
B	35	129
A	70	249
B	70	245

Abb. 10. Metallisierter Roststab, zeigt noch das ursprüngliche tannenbaumförmige Gefüge.

Abb. 11. Nicht metallisierter Roststab, hier treten die Graphitnester deutlich hervor.

Abb. 10 und **11.** Vergleich des Gefüges eines metallisierten und eines nicht metallisierten Roststabes nach dem Gebrauch, 5 mm von der Rostbahn und 2 mm von der Seitenfläche entfernt.

Abb. 12. Schliffbild eines mit Aluminium überzogenen Flußeisenbleches, das bei etwa 1200° in Wasserstoff 2 h lang geglüht wurde. Das innige Verwachsen der Eisenkristalle mit denen des Überzuges ist deutlich erkennbar.

Abb. 13. Schliffbild eines Gußeisenstückes mit 9,86 Gewichtsteilen Aluminium, das bei etwa 1000° in einem Ölheizofen etwa 15 h geglüht wurde. Die dunklen Stellen zeigen die Aluminium-Eisen-Mischkristalle, die dem Gefüge das kennzeichnende Gepräge geben.

rungsschicht eine größere Härte als die des verwendeten Flußeisens ergab. Die genaue Bestimmung der Brinellhärte war nicht möglich, da eine Bearbeitung der Oberfläche ausgeschlossen war. Es wurden daher Ritzungen mit einem belasteten Stahl vorgenommen, die aber nur ungefähre Werte ergaben.

Um den allmählichen Übergang zwischen dem Eisen und der Aluminiumschicht zu zeigen, haben wir auch von dieser Platte ein Schliffbild angefertigt, Abb. 12. In dem Bild zeigt die dunkle Zone die oxydierte Oberschicht des Überzuges. An diese schließt sich dessen Mischgefüge und hieran wiederum das des Flußeisens an.

Wir versuchten nun, die Eisen-Aluminium-Schicht abzutrennen, um diese chemisch untersuchen zu können, jedoch war das auf mechanischem Wege nicht möglich, während die chemische Auflösung zu viele Fehler eingeschlossen hätte. Daher wurde ein andrer Weg eingeschlagen. Hierzu wurde in einen aufrechtstehenden schmiedeisernen Würfel ein 5 mm weites Loch gebohrt und dieses mit Aluminium ausgespritzt, worauf der Würfel bis etwa 1200 °C erhitzt wurde. Diesmal machte die Abtrennung der gebildeten harten Eisen-Aluminium-Legierung keine besonderen Schwierigkeiten, so daß die chemische Untersuchung durchgeführt werden konnte. Sie ergab 66,7 vH Eisen und 33,1 vH Aluminium.

Aus der Literatur ist bekannt, daß die Eisen-Aluminium-Legierungen bis zu 33,8 vH Aluminiumgehalt beständig sind, während Legierungen mit 41 vH Aluminium an der Luft allmählich zerfallen. Solange das Eisen nun im Überschuß vorhanden ist, dürfte die Bildung der weniger beständigen Legierung wohl ausgeschlossen sein, und die Schutzwirkung des Aluminiumüberzuges wird somit bis zum Schmelzpunkt der Eisen-Aluminium-Legierungen, die sämtlich über 1200 °C liegen, bestehen.

Wird dagegen ein mit Aluminium überzogenes Eisen bei etwa 1050 °C einer Stichflamme ausgesetzt, in der sich noch unverbrannter Kohlenstoff befindet, oder kommt die Aluminiumschicht bei dieser Temperatur mit Kohle in Berührung, so bildet das Aluminium mit dem Kohlenstoff ein Karbid, das bei der Abkühlung durch Feuchtigkeitsaufnahme schnell unter Azetylenentwicklung zersetzt wird. In einer Stichflamme oder in einem Kohlenfeuer wird daher die Grenze für die Bewährung des Schutzüberzuges bei etwa 1000 °C liegen. Bei der Bemessung der Roststäbe hat man mit diesem Umstand zu rechnen. Wenn also die metallisierten Stäbe trotz des Überzuges frühzeitig verbrennen, so müssen die Dicken und Höhen der Roststäbe entsprechend vergrößert werden, damit die auftretende Höchsttemperatur 1000 °C nicht überschreitet. Fehlerhaft ist in jedem Falle, bei aluminierten Roststäben die Kühlung durch Dampfeinblasen anzustreben, da der Wasserdampf die Zersetzung der etwa gebildeten Karbide beschleunigen würde.

Es besteht noch die Möglichkeit, das Gußeisen dadurch beständig zu machen, daß dem Eisen Aluminium während oder vor dem Gießvorgang zugesetzt wird. Das Eisen kann bei einem Zusatz von Aluminium bis zu 15 Gewichtsteilen noch gegossen werden[1]. Auch soll diese Legierung gut feuerbeständig sein. Nach den Veröffentlichungen aus Amerika ist dagegen die Herstellug einer solchen hochhaltigen Eisen-Aluminium-Legierung schwierig, wenn nicht außerdem Nickel zugesetzt wird. Leider war es uns nicht gelungen, eine ähnliche Legierung zu beschaffen, so daß wir nicht selbst Versuche damit anstellen konnten. Dagegen haben wir Gußeisenstücke mit 9,86 und 1,75 Gewichtsteilen Aluminium erhalten und haben diese zusammen mit gewöhnlichem Grauguß und mit einem gleichen Stück, das mit Aluminium bespritzt war. auf Feuerbeständigkeit untersucht.

Zu diesem Zweck wurden vier genau gleichgroße Stücke bei einer Temperatur von etwa 1000 °C in einem Ölheizofen 15 h geglüht. Nach je einer Stunde wurde der Ölzufluß für 15 min abgestellt und nur Druckluft eingeblasen, damit eine möglichst starke Oxydation der Eisenstücke erreicht wurde. Nach der Abkühlung wurde der Gewichtunterschied der Stücke bestimmt, und folgende Gewichtzunahmen konnten festgestellt werden: das gewöhnliche Graugußstück war um 56 g, das Stück mit dem geringen Aluminiumzusatz um 49 g, das Stück mit dem höheren Zusatz um 38 g und das mit Aluminium überzogene Graugußstück um 2,5 g schwerer geworden.

Hieraus ist zu ersehen, daß ein Aluminiumzusatz zum Gußeisen die Feuerbeständigkeit wohl erhöht, aber geringe Zusätze wenig Wert haben. Ein solcher Zusatz hat freilich den Vorteil, daß das Gefüge des Gusses dichter wird und Lunker, die für Roststäbe von großem Nachteil sind, vermieden werden. Hierfür genügen aber schon Zusätze von 1 bis 2 vH je nach der Gattierung des Gußeisens.

Das Gußstück mit dem höhern Aluminiumzusatz wurde noch einer chemischen und mikroskopischen Untersuchung unterzogen. Es waren in ihm enthalten: 3,20 vH Kohlenstoff; 2,06 vH Silizium; 0,46 vH Mangan; 0,88 vH Phosphor; 0,06 vH Schwefel und 9,86 vH Aluminium. Aus dem erhaltenen Schliff, Abb. 13, ist die Verteilung der Bestandteile gut ersichtlich. Die dunklen Stellen zeigen die Aluminium-Eisen-Mischkristalle, die dem Gefüge das kennzeichnende Gepräge geben. Die Struktur wird ferner von feinen Graphitäderchen durchzogen, und ebenso ist das Phosphiteutektikum erkennbar. Der festgestellte starke Angriff der heißen Luft auch auf dieses Eisen ist wohl darauf zurückzuführen, daß die Aluminium-Eisen-Mischkristalle noch ziemlich entfernt voneinander gelagert sind. Es dürfte daher noch ein stärkerer Aluminiumzusatz notwendig werden, um das Eisen wirklich feuerbeständig zu machen.

Schlußfolgerung.

Aus den beschriebenen Versuchen geht hervor, daß es nicht nötig ist, für die Roststäbe Hartguß zu verwenden, daß aber der Gehalt an Schwefel und Phosphor möglichst niedrig gehalten werden muß. Ein Aluminiumzusatz zum Eisen macht das Gefüge dichter, ohne daß die Feuerbeständigkeit bedeutend gehoben wird, wenn nicht sehr starke Zusätze verwendet werden, die sich aber wegen der hohen Herstellkosten kaum einführen dürften. Ein Aluminiumüberzeug gibt aber schon in sehr dünner Auflage einen sicheren Schutz bis zu 1000 °C. Gleichzeitig wird das Anwachsen der Schlacken an den Roststäben durch den Überzug verhindert, wodurch wiederum eine bessere Ausnutzung des Brennstoffs erreicht wird. Auch wird die Bedienung des Feuers mit solchen Stäben sehr erleichtert und beschleunigt, was sich ebenfalls in einer Kohlenersparnis ausdrückt, da die Feuertüren der Kessel kürzere Zeit offengehalten zu werden brauchen. [B 881]

[1] Z. Bd. 66 (1922) S. 612.

Einflüsse auf den Wirkungsgrad von Wasserturbinen.

Von Dipl.-Ing. Franz Staufer, München.

Es werden bedeutungsvolle Versuchsergebnisse einer neuzeitlichen Propellerturbine gebracht. Diese werden einer kurzen Kritik unterzogen. Im Anschluß daran wird eine Rechnung vorgeführt, die den Nachweis erbringen soll, daß der Laufraddurchmesser und in untergeordnetem Maß auch das Gefäll Einfluß auf den Turbinenwirkungsgrad haben. Voraussetzung für die Gültigkeit der abgeleiteten Formel ist, daß die Kavitationsgrenze nicht überschritten wird.

Wirkungsgrade von Propellerturbinen.

Der neuzeitliche Turbinenbau hat die Schnelläufigkeit der Turbinen und gleichzeitig ihre Wirkungsgrade immer mehr gesteigert. Vor 10 Jahren etwa war man mit der Francisturbine bei spezifischen Drehzahlen von 400 bis 450 mit höchsten Wirkungsgraden von 85 vH angelangt. Rastloser Forschungsarbeit gelang es zwar, die Wirkungsgrade unter besonders günstigen Bedingungen noch um ein bis zwei Hundertteile zu erhöhen, jedoch hielt man einen Wirkungsgrad von 90 vH für kaum erreichbar. Die spezifische Drehzahl $n_s = 500$ schien eine unüberwindliche Schranke zu sein. Heute sind beide Grenzen gefallen. Der Wirkungsgrad von 90 vH ist am Prüfstand erreicht und bei großen Anlagen sogar überschritten. Die spezifische Drehzahl $n_s = 1000$ ist da und dort bei guten Wirkungsgraden bereits überboten. Dies bedeutet eine Verdoppelung der Turbinendrehzahl gegenüber dem Stand von vor zehn Jahren und damit eine bedeutende Verbilligung der Stromerzeuger, somit eine Verringerung der Anlagekosten.

Abb. 1 zeigt die Wirkungsgrade eines neuzeitlichen hochwertigen Schnelläufers nach Prüfstandergebnissen in Abhängigkeit von Einheitsleistung N_I' und Einheitsdrehzahl n_I' aufgetragen. Die eingezeichneten Wirkungsgrade wurden bei einem Laufraddurchmesser von 460 mm erreicht.

Zahlentafel 1 gibt einen Auszug aus den Bremsprotokollen wieder. Die hier angegebenen Zahlenwerte gelten für diejenige Leitschaufelöffnung, bei der der höchste Wirkungsgrad von 90 vH bei einer spezifischen Drehzahl von 540 abgebremst wurde. Bei gleicher Schnellläufigkeit ist ein derartig hoher Wirkungsgrad meines Wissens bisher nicht bekannt geworden. Das betreffende Propellerrad wurde von der Fritz Neumeyer-A.-G., München, für Versuchszwecke hergestellt, und in der Versuchsanstalt der Zweigniederlassung der Fritz Neumeyer-A.-G., vormals Briegleb, Hansen & Co., Gotha, einer eingehenden Prüfung unterzogen. Da die Meßeinrichtungen dieser Versuchsanstalt vollkommen neuzeitlich sind und die Meßgenauigkeit außerordentlich hoch ist[1]), so dürften die Bremsergebnisse nicht anfechtbar sein.

Abb. 2 zeigt einen Schnitt durch Leitapparat und Laufrad der Versuchsturbine. Der Leitapparat hat die bei Francisturbinen mit Finkscher Drehschaufelregelung seit Jahrzehnten übliche Form. Das Laufrad ist ein von der Flüssigkeit axial durchströmter Propeller, konstruktiv bemerkenswert wegen der neun einzeln an die Nabe angesetzten Flügel. Diese Bauart ermöglicht den Transport von Rädern allergrößter Abmessung.

Das Rad erreicht nicht allein einen außergewöhnlich hohen Wirkungsgrad, es zeigt auch bei Teillasten noch Wirkungsgrade, die bei Francisturbinen von 35 vH geringerer Schnelläufigkeit nicht wesentlich günstiger ausfallen. Es deckt einen Bereich von $n_s = 390$ bis $n_s = 800$ mit Höchstwirkungsgraden von über 85 vH und liegt zwischen $n_s = 310$ bis $n_s = 980$ über 80 vH. Legen wir beim Normalgefälle einer auszuführenden Anlage den Höchstwirkungsgrad von 90 vH zugrunde, so können wir bei Gefälleschwankungen von + 60 vH bis — 46 vH noch mit Wirkungsgraden von über 85 vH rechnen, und über 80 vH erhalten wir sogar noch bei Gefälleschwankungen von + 94 vH bis — 60 vH. Dieses Rad ist also auch dort ganz besonders am Platze, wo große Gefälleschwankungen auftreten, was ja bei Mittel- und besonders bei Niederdruckanlagen meistens der Fall ist.

Eine kleine Rechnung wird es ermöglichen, die

Einflüsse des Laufraddurchmessers und des Gefälles

auf den Turbinen-Wirkungsgrad abzuschätzen, wenn diese beiden Größen in der Ausführung von denen des Versuches

Zahlentafel 1. Auszug aus den Prüfergebnissen einer Neumeyer-Turbine mit Propellerlaufrad von 460 mm Dmr.

Vers.-Nr.	Q_I'	N_I'	n_I'	η vH
66	1398	15,85	157,3	84,9
67	1376	15,96	148,3	87,0
68	1343	16,00	139,2	89,3
69	1278	15,08	123,2	88.5
70	1236	14,08	104,9	85,5
71	1321	15,86	133,7	90,0
72	1336	15,93	138,5	89,4
73	1292	15,43	128,5	89,5

[1]) Dr.-Ing. D. Thoma: „Die Versuchsanstalt für Wasserturbinen in Gotha", Eigenverlag der Fritz Neumeyer-A.-G., München.

RZ700Z2

Abb. 2. Schnitt durch Leitapparat und Laufrad der Versuchsturbine.

RZ700Z1

Abb. 1. Bremsergebnisse einer Neumeyer-Turbine mit Propellerlaufrad von 460 mm Dmr. im offenen Einbau mit geradem Saugrohr.

abweichen. Vorausgesetzt sei, daß von der auszuführenden Anlage ein geometrisch ähnliches Modell untersucht worden ist, und daß das Sauggefälle dieser Anlage nicht höher bemessen wird, als es die Eigenschaften des Laufrades (bzw. dessen Schnelläufigkeit) gestatten.

Bezeichnet man mit H_n das Nettogefälle und mit H_v die hydraulischen Verluste in der Turbinenanlage, herrührend von Wasserreibung und -wirbelung, so erhält man den hydraulischen Wirkungsgrad ohne Berücksichtigung des bei guten Anlagen geringfügigen Austrittverlustes aus:

$$\varepsilon = \frac{H_n - H_v}{H_n} \text{ und } 1 - \varepsilon = \frac{H_v}{H_n} \quad \ldots \ldots \quad (1).$$

H_v (in m Wassersäule) setzt sich zusammen aus den reinen Reibungsverlusten h_r der turbulenten Strömung in der gesamten Turbinenanlage, aus den Ablösungsverlusten h_a durch Wirbelbildung im Leitrad- und Laufradaustritt und an den Wandungen der Turbinenteile mit sich erweiternden Querschnitten (also vor allem im Saugrohr) und aus den reinen Wirbelverlusten h_w, davon herrührend, daß das Laufrad den ihm zugeführten Wirbel nicht voll verarbeitet hat.

Bei **einem** Belastungsfall der Turbine verschwindet der Austrittwirbel h_w. Dieser Belastungsfall entspricht ungefähr dem Punkte, wo die Turbine ihren höchsten Wirkungsgrad erreicht. Für diesen soll die im folgenden abzuleitende Formel in erster Linie gelten. Daher setzt man

$$h_w = 0.$$

Nun gibt es in der Hydraulik eine für Rohre, geschlossene und offene Kanäle heut allgemein anerkannte Formel, die den Druckhöhenverlust H_r auf der Meßstrecke l wiedergibt in der Form:

$$H_r = \frac{\lambda\, l\, v^2}{a\; 2g} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

(v = mittlere Geschwindigkeit im Meßquerschnitt, $a = \frac{2F}{U}$ der sogenannte hydraulische Halbmesser, wenn F der Meßquerschnitt und U dessen Umfang ist).

λ ist ein Widerstandsbeiwert, der durch die Potenzformel

$$\lambda = c_1 \left(\frac{\nu}{v\,a}\right)^{c_2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (3).$$

$\left(c_1 \text{ und } c_2 \text{ bedeuten Festwerte, } \frac{1}{\frac{\nu}{v\,a}} \text{ die Reynoldssche Zahl}\right)$ wie Versuche andern Ortes zeigen[1]), für unsre Zwecke genügend genau wiedergegeben werden kann. Vorausgesetzt wird hier allerdings, daß λ auch bei sehr hohen Reynoldsschen Zahlen, wie sie bei Wasserturbinenanlagen üblich sind, noch nach der Potenzformel (3) angenähert richtig bestimmbar ist. M. Jakob und Erk[2]) haben bei Reynoldsschen Zahlen über 100 000 eine kleine Abweichung von der reinen Potenzformel feststellen können. Doch ist, glaube ich, dieses Ergebnis erst durch weitere Versuche, und vor allem durch Versuche mit größeren Rohrdurchmessern zu sichern. Aber auch dann, wenn der Ausdruck für λ einen verwickelteren Aufbau als Gl. (3) erhalten sollte, zeigen doch alle Versuchsergebnisse einschließlich der von Jakob und Erk, daß über einen weiten Bereich von Reynoldsschen Zahlen die reine Potenzformel mit großer Genauigkeit verwendet werden kann. Es ist kaum anzunehmen, daß dies bei Reynoldsschen Zahlen über 500 000 nicht mehr der Fall ist.

In der Reynoldsschen Zahl $\frac{v\,a}{\nu}$ bedeutet außer den schon bekannten Größen:

$$\nu = \frac{\mu}{\varrho}$$

die kinematische Zähigkeit, μ die Zähigkeit und ϱ die Dichte des strömenden Stoffes, in unserem Falle von Wasser.

[1]) L. Schiller, Leipzig. „Über Strömungswiderstand von Rohren verschiedenen Querschnitts und Rauhigkeitsgrades". Z. f. angewandte Mathematik und Mechanik Bd. 3 (1923) S. 2.

[2]) M. Jakob und S. Erk, Charlottenburg. „Der Druckabfall in glatten Rohren und die Durchflußziffer von Normaldüsen". Z. Bd. 68 (1924) S. 581.

Aus Gl. (2) und (3) erhalten wir:

$$H_r = \frac{c_1}{2g}\, l\, \nu^{c_2} \frac{v^{2-c_2}}{a^{1+c_2}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2a).$$

Diese Formel gilt für turbulente Strömung. H_r ist daher kein reiner Reibungsverlust mehr, sondern umfaßt auch die Wirbelverluste der turbulenten Strömung, dadurch hervorgerufen, daß sich unzählige kleine Wirbel von den Unebenheiten der Gefäßwandungen ablösen. Sie sind ähnlich jenen Wirbelverlusten, die sich an Leit- und Laufschaufelrückseite sowie an den sich erweiternden Saugrohrwandungen bilden. Da letztere obendrein beim besten Betriebzustande der Turbine gering sind gegen die sonstigen Verluste der turbulenten Strömung, so begeht man keinen großen Fehler, wenn man die reinen Reibungsverluste h_r und die Ablösungsverluste h_a zusammenfaßt, durch die Formel (2a) ausdrückt und die Konstanten c_1 und c_2 entsprechend (etwa durch Vergleich von Versuchsergebnissen einer Modellturbine mit jenen der ausgeführten Anlage) bestimmt. Man schreibt daher

$$H_v = h_r + h_a = \frac{c_1}{2g}\, l\, \nu^{c_2} \frac{v^{2-c_2}}{a^{1+c_2}} \quad \ldots \ldots \quad (2b).$$

Die Formel (2), also auch (2b) gilt jedoch zunächst nur für unveränderlichen Durchflußquerschnitt auf der Strecke l. In der Turbine hat man aber die Strecke l als den Weg aufzufassen, den ein mittlerer Wasserfaden vom Turbineneintritt (z. B. Spiraleintritt) bis zum Turbinenaustritt (Saugrohraustritt) zurücklegt. In der Turbine ist also der Durchflußquerschnitt auf der Strecke l nicht unveränderlich. Für den sehr kleinen Teil Δl der Durchflußstrecke l, auf deren Länge der Querschnitt unveränderlich gesetzt werden kann, behalten die Formeln (2) und (2b) aber ihre Richtigkeit.

Es gilt also für den Querschnitt x:

$$(\Delta H_v)_x = \frac{c_1}{2g}\, \Delta l\, \nu^{c_2} \frac{v_x^{2-c_2}}{a_x^{1+c_2}}.$$

Man bezeichnet nun mit D_o den Bezugsdurchmesser der Turbine und mit v_o die mittlere Geschwindigkeit in dem durch D_o bestimmten Querschnitt; α und β seien Querschnittsbeiwerte, so daß

$$v_x = v_o\, \alpha_x \text{ und } a_x = D_o\, \beta_x$$

wird, und man kann schreiben:

$$(\Delta H_v)_x = \frac{c_1}{2g}\, \Delta l\, \nu^{c_2} \frac{v_o^{2-c_2}}{D_o^{1+c_2}} \cdot \frac{\alpha_x^{2-c_2}}{\beta_x^{1+c_2}}.$$

Der gesamte Druckhöhenverlust der turbulenten Strömung wird dann bei n Teilquerschnitten:

$$H_v = \sum (\Delta H_v) = \frac{c_1}{2g}\, \Delta l\, \nu^{c_2} \frac{v_o^{2-c_2}}{D_o^{1+c_2}} \times \left(\frac{\alpha_1^{2-c_2}}{\beta_1^{1+c_2}} + \frac{\alpha_2^{2-c_2}}{\beta_2^{1+c_2}} + \frac{\alpha_3^{2-c_2}}{\beta_3^{1+c_2}} + \ldots + \frac{\alpha_n^{2-c_2}}{\beta_n^{1+c_2}}\right) \quad (4).$$

α und β sind von der Größe der Anlage unabhängig, sie sind bei der Modellturbine und bei der Ausführung für die entsprechenden Querschnitte gleich groß vorauszusetzen.

Da ferner nach Schiller[3]) die Form der Kanalquerschnitte auf die Gültigkeit des Ausdruckes (3) keinen Einfluß ausübt, ist auch in Gl. (4) die Form der einzelnen Teilquerschnitte gleichgültig. Es sind in ihr also auch die Verluste des turbulenten Strömungsvorganges im Laufrad und Leitrad mit einbegriffen.

Ersetzt man nun in Gl. (4) v_o durch das Nettogefälle H_n, indem man einen Festwert k einführt, also

$$v_o = \sqrt{k\, H_n}$$

setzt, so erhält man:

$$1 - \varepsilon = \frac{H_v}{H_n} = \frac{c_1}{2g}\, \Delta l\, \nu^{c_2} \frac{k^{1-\frac{c_2}{2}}}{H_n^{\frac{c_2}{2}}\, D_o^{1+c_2}} \times \left(\frac{\alpha_1^{2-c_2}}{\beta_1^{1+c_2}} + \frac{\alpha_2^{2-c_2}}{\beta_2^{1+c_2}} + \frac{\alpha_3^{2-c_2}}{\beta_3^{1+c_2}} + \ldots + \frac{\alpha_n^{2-c_2}}{\beta_n^{1+c_2}}\right) \quad (5).$$

[3]) a. a. O.

Bezeichnet man jetzt die der Modellturbine zugrunde liegenden Größen ohne Beizeichen, die der Ausführung zugehörigen Werte mit dem Beizeichen ′, so gilt:

$$\frac{1-\varepsilon'}{1-\varepsilon} = \frac{c_1'}{c_1} \cdot \frac{\Delta l'}{\Delta l} \cdot \frac{(\nu')^{c_2'}}{\nu^{c_2}} \cdot \frac{(k')^{1-c_2'/2} H_n^{c_2/2} D_o^{1+c_2}}{k^{1-c_2/2} (H_n')^{c_2'/2} (D_o')^{1+c_2'}}$$

$$\times \frac{\frac{(\alpha_1')^{2-c_2'}}{(\beta_1')^{1+c_2'}} + \frac{(\alpha_2')^{2-c_2'}}{(\beta_2')^{1+c_2'}} + \ldots + \frac{(\alpha_n')^{2-c_2'}}{(\beta_n')^{1+c_2'}}}{\frac{\alpha_1^{2-c_2}}{\beta_1^{1+c_2}} + \frac{\alpha_2^{2-c_2}}{\beta^{1+c_2}} + \ldots + \frac{\alpha_n^{2-c_2}}{\beta_n^{1+c_2}}} \quad (6).$$

Wegen der geometrisch ähnlichen Vergrößerung ist:

$$\frac{\Delta l'}{\Delta l} = \frac{D_o'}{D_o},$$

$$\alpha_x' = \alpha_x,$$

$$\beta_x' = \beta_x.$$

Vernachlässigt man weiter den Einfluß des Druckes auf die Zähigkeit und Dichte als bei Wasser geringfügig und setzt man in beiden Fällen gleiche Wassertemperaturen und gleiche Oberflächenbeschaffenheit der Turbinenkanäle voraus, so gilt:

$$\nu' = \nu$$

$$c_1' = c_1$$

$$c_2' = c_2$$

Die Gl. (6) vereinfacht sich also zu

$$\frac{1-\varepsilon'}{1-\varepsilon} = \left(\frac{D_o}{D_o'}\right)^{c_2} \left(\frac{H_n}{H_n'}\right)^{c_2/2} \left(\frac{k'}{k}\right)^{1-c_2/2}$$

oder, nach ε' aufgelöst, zu

$$\varepsilon' = 1 - (1-\varepsilon) \left(\frac{D_o}{D_o'}\right)^{c_2} \left(\frac{H_n}{H_n'}\right)^{c_2/2} \left(\frac{k'}{k}\right)^{1-c_2/2} \quad . \ . \ . \ (7).$$

Setzt man k'/k unter Vernachlässigung eines Fehlergliedes zweiter Ordnung gleich 1, so wird endgültig

$$\varepsilon' = 1 - (1-\varepsilon) \left(\frac{D_o}{D_o'}\right)^{c_2} \left(\frac{H_n}{H_n'}\right)^{c_2/2} \quad . \ . \ . \ . \ . \ (8).$$

Führt man nun noch den Wirkungsgrad der Turbine mit η und ihren mechanischen Wirkungsgrad mit η_m ein, so erhält man

$$\eta = \varepsilon\, \eta_m \text{ bzw. } \eta' = \varepsilon'\, \eta_m',$$

also

$$\eta' = \left[1 - \left(1 - \frac{\eta}{\eta_m}\right) \left(\frac{D_o}{D_o'}\right)^{c_2} \left(\frac{H_n}{H_n'}\right)^{c_2/2}\right] \eta_m' \quad . \ . \ . \ (9).$$

Es ist gleichgültig, welchen von 0 verschiedenen positiven Wert auch c_2 haben möge; die gefundene Gleichung für η' sagt eindeutig aus, daß der Wirkungsgrad mit größer werdendem Durchmesser und Gefälle steigt, und zwar mit dem Durchmesser wesentlich rascher als mit dem Gefälle.

Das Gefälle hat aber immerhin einen stärkeren Einfluß als Camerer[1]) an der Hand einer ähnlichen Ableitung unter Zugrundelegung der Bielschen[2]) Gleichung gefunden hat. Rechnet man ein kleines Zahlenbeispiel durch und setzt

$$c_2 = 1/4,$$

einen Wert, den Blasius[3]) aus vielen Versuchen von Saph und Schoder über Druckverluste in glatten Rohren bestimmt hat; die Gefälle seien in beiden Fällen als gleich vorausgesetzt; vergrößert man den Raddurchmesser auf das Doppelte, so erhält man mit

$$\eta = 0{,}90 \text{ und } \eta_m' = \eta_m = 0{,}98$$

$$\eta' = \left[1 - \left(1 - \frac{0{,}90}{0{,}98}\right) \left(\frac{1}{2}\right)^{1/4}\right] 0{,}98 = 0{,}912$$

d. h. unter sonst gleichen Bedingungen wäre mit obiger Bauart ein höchster Wirkungsgrad von 91,2 vH zu erreichen.

Bei Vergrößerung des Raddurchmessers auf das Zehnfache würde man unter denselben sonstigen Annahmen erhalten:

$$\eta' = \left[1 - \left(1 - \frac{0{,}90}{0{,}98}\right) \left(\frac{1}{10}\right)^{1/4}\right] 0{,}98 = 0{,}935$$

Ein Vergleich der beiden Ergebnisse sagt aus, daß die Wirkungsgradzunahme bei den kleinen Raddurchmessern wesentlich bedeutender ist als bei den großen.

Aber man sieht auch, wie vorsichtig man bei der Bewertung der Bremsergebnisse von Modellrädern sein muß. Hat man z. B. an zwei Modellrädern verschiedener Type und verschiedener Größe, aber gleicher Schnelläufigkeit den gleichen Wirkungsgrad gefunden, so ist unbedingt das Modellrad mit dem kleineren Durchmesser für die Vergrößerung vorzuziehen.

Daß bei ausgeführten Anlagen ungünstige Einbauverhältnisse, hervorgerufen durch ungünstige örtliche Verhältnisse, auf den Turbinenwirkungsgrad einen sehr nachteiligen Einfluß ausüben können, sei hier nur nebenbei erwähnt. Solche Einflüsse sind von Fall zu Fall durch eingehende Modellversuche zu ergründen und müssen bei der Gewährleistung eines bestimmten Wirkungsgrades entsprechende Berücksichtigung finden.

Auf eines sei noch besonders aufmerksam gemacht. Derartig hervorragende Wirkungsgrade, wie sie Abb. 1 zeigt, sind nur bei guter Saugrohrausbildung zu erreichen. Diese bedingt aber bei großen Anlagen unter Umständen einen tiefen Erdaushub. Sparen an dem Erdaushub heißt in diesen Fällen: mit einem schlechteren Wirkungsgrad vorliebnehmen, und nur eine gründliche Tilgungsrechnung kann zeigen, ob man dabei wirklich sparen wird. [B 700]

[1]) R. Camerer, „Vorlesungen über Wasserkraftmaschinen", S. 229 u. f. Leipzig und Berlin 1914, Wilhelm Engelmann.

[2]) Biel, „Druckhöhenverlust bei der Fortleitung tropfbarer und gasförmiger Flüssigkeiten". Forschungsarbeiten Heft 44, 1907.

[3]) H. Blasius, „Das Ähnlichkeitsgesetz bei Reibungsvorgängen in Flüssigkeiten", Forschungsarbeiten Heft 131, 1913.

Industrie und Landwirtschaft.

Auf der Hauptversammlung des Vereines Deutscher Eisenhüttenleute am 30. November 1924 in Düsseldorf[1]) hat Prof. Dr. H. Warmbold, Berlin, einen sehr bemerkenswerten Vortrag über die Beziehungen zwischen Industrie und Landwirtschaft gehalten (vergl. „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 105).

Die Beziehungen der Industrie zur Landwirtschaft, so führte er aus, sind gegenwärtig von besonderer Bedeutung. Durch die Steigerung der landwirtschaftlichen Erzeugung wird unsere Nahrungsmitteleinfuhr vermindert und unsere Zahlungsbilanz entlastet. Zugleich ist damit eine vermehrte Verwendung von industriellen Hilfsmitteln verbunden; Hebung der landwirtschaftlichen Leistung bedeutet daher Vergrößerung des inländischen Marktes für Industrieerzeugnisse.

Ein geschichtlicher Rückblick zeigt, daß die Aufnahmefähigkeit der Landwirtschaft für industrielle Erzeugnisse auf den einzelnen landwirtschaftlichen Entwicklungsstufen verschieden ist. Die niedrigste Stufe ist dadurch gekennzeichnet, daß wenige Menschen auf weitem kulturfähigem Lande wohnen. Die Erzeugnisse aus den Viehherden bilden die Hauptnahrung, Getreide ist die Nahrung der Reichen. Alles, was der Landwirt für seinen Betrieb gebraucht, fertigt er selbst an. Handwerk ist kaum und Industrie gar nicht vorhanden. Deutschland befand sich etwa bis zum Jahr 800 auf dieser Entwicklungsstufe. Dichtere Bevölkerung zwang dazu, mehr menschliche Nahrung zu gewinnen. Dies geschah durch Ausdehnung des Getreidebaues auf Kosten der Viehweiden. Es wurden auf dem jungen Boden Ernten erreicht, die über den Bedarf einer selbst schnellwachsenden Bevölkerung hinausgehen. So entstanden Getreideausfuhrländer. Getreide ist billiger als die tierischen Erzeugnisse, die nun die Nahrung der Wohlhabenden bilden. Der Landwirt verzichtet immer mehr auf die Selbstanfertigung der Gegenstände, die er für seinen Betrieb braucht. Das Handwerk entwickelt sich, löst sich von der Landwirtschaft los, und die ersten Anfänge der Industrie setzen ein. Das weitere Anwachsen der Bevölkerung führt zu einer Knappheit an fruchtbarem Getreideland und damit zur dritten Entwicklungsstufe der Wirtschaftsführung, die dadurch gekennzeichnet ist, daß mit verhältnismäßig wenig Arbeit mehr Nahrungsmittel auf der Flächeneinheit erzeugt werden, um die immer stärker anwachsende Stadt- und Industriebevölkerung zu ernähren. Neben dem Getreide, aber ohne Einschränkung seiner Anbaufläche, werden auf Brach- und Weideland im Wechsel mit Getreide Hackfrüchte, insbesondere Kartoffeln und Rüben angebaut. Eine solche Entwicklung hat in Deutschland etwa mit dem Jahre 1800 begonnen. Durch bessere Bodenbearbeitung und zweckmäßigen Wechsel der Früchte wurde die Getreideernte immer mehr gehoben. Die Ausbreitung der künstlichen Düngung, die Züchtung leistungsfähiger Sorten, die Bekämpfung der

[1]) Bericht über die Tagung s. Z. Bd. 69 (1925) S. 134.

Schädlinge und die bessere Bearbeitung des Bodens erhöhen die Flächenerträge. Ohne Vergrößerung der Nährfläche und der Getreideanbaufläche wuchs in Deutschland die erzeugte Getreidemenge vom Jahre 1882 bis 1914 von 11 auf 28 Mill. t. Gleichzeitig hat sich die geerntete Kartoffel- und Rübenmenge verdreifacht.

Die Steigerung der Erzeugung bringt die Landwirtschaft in immer innigeren Austausch mit der Industrie. Das tote Inventar (Maschinen und Geräte) auf 1 ha genutzter Fläche hatte um das Jahr 1800 einen Wert von 20 *M*. Es war zum größten Teil selbst hergestellt. 1914 ergab sich für die gleiche Fläche ein Betrag von etwa 250 *M*. Der größere Teil der Maschinen und Geräte wurde von der Industrie erzeugt. 1870 wurde in Deutschland für etwa 50 Mill. *M* Kunstdünger verwendet, 1914 für etwa 500 Mill. *M*. Der größte Teil davon wurde von der deutschen Industrie, ein kleiner Teil aus dem Auslande geliefert. Ähnlich steigert sich die Verwendung von Elektrizität in der Landwirtschaft, von Bindegarn für Selbstbinde-Mähmaschinen, Strohpressen u. a. m. Eine fortschreitende Entwicklung der Landwirtschaft ist daher mit einem wachsenden Bedarf an industriell hergestellten Hilfsmitteln verbunden. Setzen wir die Flächenleistung für die menschliche Ernährung auf der ungepflegten Naturweide gleich 1, so erhöht sich die Leistung durch Roggenbau, unter Annahme der deutschen Vorkriegsernten, auf das 15fache, durch Kartoffelbau auf das 45fache, durch Zuckerrübenbau auf das 56fache und durch Anbau von Massengemüsen auf das 65- bis 70fache. Nur so ist es erklärlich, daß in der Vorkriegsentwicklung durch eine zahlenmäßig gleichbleibende Landbevölkerung eine immer größere Zahl von Stadtbewohnern ernährt werden konnte.

Je mehr die Industrie bei der Versorgung der Landwirtschaft mit industriellen Hilfstoffen den besonderen Verhältnissen der Landwirtschaft Rechnung zu tragen weiß, und je mehr sie ihre Erzeugnisse in ein günstiges Preisverhältnis zu den landwirtschaftlichen Erzeugnissen bringt, desto schneller und in um so größerem Umfange wird sich die Landwirtschaft der industriellen Hilfstoffe bedienen. Z. B. ist der Kunstdüngerverbrauch Deutschlands in der Nachkriegzeit stärker gestiegen als in der Vorkriegzeit. Die gleiche Entwicklung in der Verwendung von Maschinen ist nicht eingetreten. Dies liegt z. T. daran, daß hier ähnliche günstige Verhältnisse noch nicht geschaffen sind. Ein Sonderfall möge dies erläutern.

In Amerika steht der Landwirtschaft für die Bodenbearbeitung ein Kraftgerät zur Verfügung, das auch in mittleren und kleineren Betrieben noch lohnend verwendet werden kann, das also die teure tierische Arbeit durch die billigere mechanische Arbeit ersetzt. In Deutschland ist dies bisher noch nicht möglich gewesen, weil nur Kraftgeräte für den Großbetrieb vorhanden waren. Kraftgeräte für den mittleren und kleineren Betrieb sind erst in jüngster Zeit auf den Markt gekommen und bedürfen noch der weiteren Ausgestaltung und Verbilligung. Da der Nährstoffverbrauch der Arbeitstiere zur Zeit etwa dreimal so groß ist wie die gesamte Nährstoffeinfuhr, und da die Mittel für die Anschaffung der erforderlichen Treiböle nur einen Bruchteil des Aufwandes für die Nährstoffeinfuhr aus dem Ausland ausmachen würden, so würden unsre Nahrungsbilanz und unsre Zahlungsbilanz in gleicher Weise günstig beeinflußt, wenn von der einheimischen Industrie ein für mittlere und kleinere Betriebe geeignetes Kraftgerät geliefert würde.

Deutschland hat sich vor dem Kriege nicht selbst ernährt. Etwa 10 bis 12 Mill. Menschen lebten von ausländischen Nahrungsmitteln; es wurden etwa 10 Mill. t Brotgetreide und Futtermittel eingeführt und dafür etwa 2½ Milliarden *M* an das Ausland gezahlt. Während des Krieges waren wir gezwungen, von dem zu leben, was im Land erzeugt wurde, und wir konnten nur die reichlichen Vorräte an Getreide und Futtermitteln und die lebenden Reserven in unserer Viehhaltung als Zuschuß in Anspruch nehmen. Die Landwirtschaft hat heute die Vorkriegserzeugung noch nicht wieder erreicht. Die gesamte Einfuhr von Futtermitteln und Brotgetreide beträgt etwa 5 Mill. t, d. i. die Hälfte der Vorkriegseinfuhr. Ferner hat sich die Bevölkerung außer durch natürlichen Zuwachs auch durch die Abtretung von Gebieten landwirtschaftlichen Überschusses auf der verbliebenen Nährfläche gegenüber den Vorkriegsjahren verdichtet. Trotzdem ist unsere Ernährung zurzeit als ausreichend zu bezeichnen. Dies ist erreicht durch den geringeren Fleischverbrauch und die größere Sparsamkeit in der menschlichen und tierischen Ernährung; die so ersparte Menge beträgt 60 bis 70 vH der Vorkriegseinfuhr.

Gemessen am Stande der letzten Friedensjahre und unter Berücksichtigung der verkleinerten Nährfläche stellt die Landwirtschaft zurzeit etwa 90 vH der pflanzlichen und 75 vH der tierischen Erzeugnisse her. Das Zurückbleiben der tierischen Erzeugung hinter der pflanzlichen erklärt sich durch die kleinere Zahl der gehaltenen Mastschweine und auch durch die geringere Gewinnung von Rindfleisch. Die deutsche Fleischversorgung durch Rind- und Schaffleisch wird auch in der nächsten Zeit anhalten, da unser augenblickliches Volkseinkommen nicht ausreicht, um die Vorkriegsverhältnisse wieder herzustellen. Außerdem ist eine Verschiebung in der Erzeugung von Fleisch im Vergleich zu den Molkereierzeugnissen eingetreten; denn diese sind für die Deckung des Nahrungsnotbedarfes wichtiger als Fleisch, das durch Hülsenfrüchte ersetzt werden kann. Unsere Viehhaltung wird sich aber auch in anderer Richtung noch umstellen. Allgemein wird weit mehr als früher das einheimische Futter zur Grundlage der Ernährung des Viehes zu machen sein. Nur für besonders hohe Leistungen muß in Zukunft kräftiges Auslandfutter herangezogen werden. Diese Umstellung ist möglich, weil die Inlandfuttererzeugung nach Menge und Güte durch vermehrte Kunstdüngeranwendung erheblich gesteigert werden kann.

Die Gewinnung von Bodenerzeugnissen wird in Kürze die Höhe der Vorkriegserzeugung erreichen und bei einigermaßen günstigen Verhältnissen überschreiten. Diese Erzeugung hat sich gleichfalls unabhängiger von ausländischen Hilfstoffen gemacht. Die Umstellung auf einheimische Maschinen ist fast restlos durchgeführt worden. Es ist zu hoffen, daß die Maschinenindustrie alle Anstrengungen macht, um den vielen neuen Bedürfnissen, die eine Erzeugungssteigerung im Gefolge haben, gerecht zu werden. Die Düngemittel werden in der Landwirtschaft schon seit mehreren Jahren stärker als in der Vorkriegzeit verwendet, um einen Ersatz für den Raubbau während der Kriegsjahre und darüber hinaus einen Ersatz für die Nährstoffeinfuhr durch Getreide und Futtermittel zu schaffen. Im Durchschnitt ist Kunstdünger, gemessen an den damit erzeugten Mengen der Landwirtschaft, billiger als in der Vorkriegzeit. Sein Verbrauch ist unter allen industriell erzeugten Hilfsmitteln der Landwirtschaft am stärksten gewachsen. Sein Bezug vom Auslande, der vor dem Kriege die Hälfte des Verbrauchs ausmachte, hat vollkommen aufgehört. In Deutschland wurden vor dem Kriege rd. 200 000 t Reinstickstoff und rd. 600 000 t Phosphorsäure umgesetzt, heute rd. 300 000 t Reinstickstoff und etwa 350 000 t Phosphorsäure.

Die Verwendung von Kunstdünger ist eine der wesentlichsten Voraussetzungen für die Gewinnung der Bodenerzeugnisse. Diese Erkenntnis muß Allgemeingut werden. Die mittleren und kleineren Betriebe, die den größten Teil unserer Nährfläche bewirtschaften, müssen stärker als bisher Kunstdünger verwenden. Aber auch die Großbetriebe müssen den Kunstdünger so gebrauchen, daß keine Steigerung mehr möglich ist. Gelingt es daneben, alle die anderen Fragen der billigen und allgemeinen Versorgung der Landwirtschaft mit zweckmäßigen Maschinen, Elektrizität, Brenn- und Treibstoffen, Mitteln zur Bekämpfung der Pflanzenschädlinge u. a. m. zu lösen, so werden sich unsere Bodenerzeugnisse in der Zukunft vermehren.

In industriellen Kreisen muß man aber darauf hinweisen, daß der Fortschritt in der Landwirtschaft stets langsamer als in der Industrie sein wird. Die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe ist groß, die Fachausbildung bei den mittleren und kleineren Betrieben ungenügend. Eine Auslese der Betriebsleiter nach Tüchtigkeit und Leistungsfähigkeit ist meistens unmöglich, weil die Familienverhältnisse und der Erbgang, nicht aber die Tüchtigkeit den Betriebsleiter bestimmen. Daß trotz dieser Hemmungen die Fortschritte in den letzten Jahrzehnten groß gewesen sind, zeigt die Steigerung in der Getreide- und Kartoffelgewinnung in den Jahren von 1882 bis 1914. Bei günstigen wirtschaftlichen Verhältnissen wird der Fortschritt in der Landwirtschaft in Zukunft größer als in der Vergangenheit sein. Bei einer solchen Entwicklung wird die Landwirtschaft für den industriellen Bedarf weit wertvoller als vor dem Kriege werden, ganz besonders auch deshalb, weil sie es gelernt hat, auf ausländische Erzeugnisse so gut wie ganz zu verzichten. [N 163] Gw.

Bohrwurmzerstörungen innerhalb zweier Monate.

In der Zeitschrift „Engineering News-Record" vom 29. Januar 1925 wird von ganz ungewöhnlich ausgedehntem und starkem Angriff von Pfählen durch den Bohrwurm in den oberen Strecken der San Francisco-Bay und der Deltas der Flüsse Sacramento und San Joaquin berichtet. Einige im Mai 1924 vorübergehend eingerammte Pfähle an dem Kopfe eines Piers bei Valona wurden fortgesetzt auf Bohrwurmangriff beobachtet. Erst zwischen Anfang und Mitte Juli konnte ein Angriff des Bohrwurms festgestellt werden. Danach nahm der Angriff plötzlich stark zu, und ungefähr am 19. September waren die Pfähle so weit zerstört, daß sie ihr eigenes Gewicht nicht mehr tragen konnten.

Der Angriff war fast ebenso stark in der Niedrigwasserlinie wie in Höhe des Schlickbodens und erstreckte sich daher auf eine beträchtliche Länge des Pfahles, da die Wassertiefe rd. 6,1 m betrug. Ein solches in regelmäßiger Folge sich bemerkbar machendes Zunehmen des Bohrwurmes einerseits und anderseits fast völliges Verschwinden aus manchen Gegenden ist auch in unsern Gewässern beobachtet worden. [N 223] Bu.

RUNDSCHAU.

Dampfmaschinen.

Selbsttätige Einlaßsteuerung für Dampfmaschinen.

Die einfache Expansionssteuerung für Dampfkrane ergibt eine beträchtliche Ersparnis an Kohlen bei gleichzeitiger Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Kranes.

Während man größere Betriebsdampfmaschinen schon lange mit Hilfe von Geschwindigkeitsreglern oder Expansionssteuerungen, die mit der Hand einstellbar sind, so sparsam wie möglich gestaltet, arbeiten noch heute kleinere Maschinen, z. B. die bei Dampfkranen, höchst unwirtschaftlich. Bei solchen Maschinen regelt der Maschinenführer die Geschwindigkeit mit einem Schieber, der als Anlaß- und Abstellvorrichtung dient. Hebezeugmaschinen müssen vor allen Dingen bei jeder Kurbelstellung unter Vollast anspringen. Man verwendet daher bekanntlich Zwillingsdampfmaschinen, deren Kurbeln unter 90° versetzt sind, mit verhältnismäßig geringer Füllung, etwa 80 vH. Nach dem Anlauf wird der überschüssige Dampfdruck mit dem Schieber abgedrosselt. Die damit verbundenen Verluste nimmt man wegen der Einfachheit der Steuerung in den Kauf. Mit der Hand verstellbare Expansion, die sich bei Kulissensteuerung anwenden ließe, ist wegen der Vermehrung der an sich schon zahlreichen Handhebel bei Dampfkranen unzweckmäßig, weil sie in den wenigen Sekunden, die ein Hub dauert, gar nicht eingestellt werden kann.

Obgleich der elektrische den Dampfbetrieb im Hebezeugbau stark zurückgedrängt hat, gibt es doch Fälle, wo man den Dampfantrieb dem elektrischen wegen der Umständlichkeit der Stromzuführung vorzieht, z. B. bei Lokomotivkranen auf ausgedehntem Fabrikgelände oder bei Kranen auf abgelegenen Baustellen. Auch bei Krandampfmaschinen wäre es daher erwünscht, die Steuerung zu verbessern, ohne daß sie in bezug auf Einfachheit der Ausführung und Bedienung der bisherigen nachgibt. Eine solche Steuerung ist die Einlaßsteuerung der Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff[1]).

Die Steuerung, Abb. 1, ist die Verbindung zweier Steuerungen, die ihrem Wesen nach zwar verschieden sind, einander aber vortrefflich ergänzen. Die Grundsteuerung ist eine gewöhnliche Schiebersteuerung mit üblicher Voreilung und Deckung, die etwa 70 bis 80 vH Füllung ergibt. Die andere ist eine selbsttätige Einlaßsteuerung und besteht aus einer Blattfeder, die durch den Druckunterschied des strömenden Dampfes unter der Feder und im Einströmkanal gegenüber dem im Frischdampfraum selbsttätig gegen die Einströmflansche gedrückt wird. Sie bedarf keines weiteren äußeren Antriebes und läßt beim Anlaufen der Maschine die durch die Grundsteuerung festgelegte Füllung zu. Der Schieber ist als entlasteter Kolbenschieber ausgebildet, damit er sich durch Verschieben des Exzenters leicht umsteuern läßt. Die Steuerkanten für Einlaß liegen innen, die für Auslaß außen. Der Abdampf entweicht durch den hohlen Kolbenschieber. Die fast masselose Blattfeder besteht aus zwei Lagen und bewegt sich zwischen Fangbahnen, wodurch die Bewegung der Abschlußplatte gedämpft wird und Geräusche vermieden werden.

Der Grundschieber steuert nun nicht nur den Ein- und Auslaß, sondern mit der Kante *k* auch eine Entlastungsbohrung *d*, die Frischdampf durch den Kanal *a* unter die Feder treten läßt und den Unterdruck ausgleicht. Die Bohrung *d* öffnet sich erst, wenn der Grundschieber den Einströmkanal geschlossen hat. Die Anlage der Feder hängt von der Geschwindigkeit des einströmenden Dampfes, also auch von der Kolbengeschwindigkeit ab, somit ändert sich die Füllung mit der Drehzahl der Maschine. Nimmt die Drehzahl oder der Dampfdruck zu, so verkleinert sich die Füllung. Umgekehrt vergrößert sich die Füllung, wenn die Drehzahl der Maschine abnimmt, sei es, daß das Lastmoment zunimmt oder der Dampfdruck im Kessel geringer wird. In gewissen Grenzen wirkt also die Federeinlaßsteuerung wie ein Geschwindigkeitsregler.

[1]) DRP Nr. 399826 und 401321.

Abb. 2 und 3 zeigen das Dampfdiagramm dieser Steuerung und der Grundsteuerung unter gleichen Bedingungen. Schon das Aussehen der Diagramme beweist den Vorteil der Federsteuerung. Die Berechnung des nutzbaren Dampfverbrauches für den Zustand kurz vor der Ausströmung nach der bekannten Formel

$$C_i = \frac{27}{p_i}\left[\left(\frac{s_1}{s}+m\right)\gamma_1 - \left(\frac{s_k}{s}+m\right)\gamma_k\right],$$

worin die Bedeutung der Größen als bekannt vorausgesetzt werden kann, ergibt bei der Federsteuerung:

Kurbelseite: $$C_{iK} = \frac{27}{3,8}\left[\left(\frac{70,5}{73}+0,044\right)1,64 - \left(\frac{14,5}{73}+0,044\right)0,7\right] = 10,6\ \text{kg/PS}_i\text{h},$$

Deckelseite: $$C_{iD} = \frac{27}{3,1}\left[\left(\frac{70,5}{73}+0,044\right)1,44 - \left(\frac{19,5}{73}+0,044\right)0,7\right] = 10,8\ \text{kg/PS}_i\text{h},$$

im Mittel 10,7 kg/PS_ih,

Abb. 2. Dampfdiagramm der Federsteuerung.

Abb. 3. Dampfdiagramm der Grundsteuerung.

Abb. 1. Selbsttätige Einlaßsteuerung der Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff.

Abb. 4. Schnellzuglokomotive 2 B B 2 der Deutschen Reichsbahn von 1440 kW Dauerleistung für Wechselstrom von 15000 V.

Bei der gewöhnlichen Schiebersteuerung erhalten wir:

$$\text{Kurbelseite: } C_{iK} = \frac{27}{3{,}2}\left[\left(\frac{70{,}5}{73} + 0{,}044\right)1{,}999 - \left(\frac{14{,}5}{73} + 0{,}044\right)0{,}73\right] = 15{,}6\ \text{kg/PS}_i\text{h},$$

$$\text{Deckelseite: } C_{iD} = \frac{27}{3{,}3}\left[\left(\frac{70{,}5}{73} + 0{,}044\right)2{,}28 - \left(\frac{19{,}5}{73} + 0{,}044\right)0{,}73\right] = 17{,}2\ \text{kg/PS}_i\text{h},$$

im Mittel 16,4 kg/PS$_i$h. Die Ersparnis beträgt also 5,7 kg/PS$_i$h oder rd. 34 vH. Die vorliegende Maschine leistet rd. 35 PS$_i$; nimmt man eine tägliche Laufzeit von 3½ h an, so beträgt bei 300 Arbeitstagen jährlich die Dampfersparnis 210 t und bei rd. fünffacher Verdampfung die Kohlenersparnis rd. 42 t oder 1100 *M*.

Neben der Verringerung der Betriebskosten hat die Steuerung im Kranbetrieb den Vorteil, daß der Krandampfkessel, dessen Abmessungen der Raumverhältnisse wegen beschränkt sind, auch für lebhaften Dauerbetrieb ausreicht. [M 975]

Mannheim. Obering. Gustav Stein.

Eisenbahnwesen.

Elektrische Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn.

Auf der Eisenbahntechnischen Ausstellung in Seddin waren acht Vollbahnlokomotiven der Deutschen Reichsbahn ausgestellt, deren Bauarten z. T. seit längerer Zeit in Betrieb sind oder neuere Ausführungen darstellen, also einen weiten Überblick über die verschiedenen Bauformen gaben. Gleichwohl fehlten gerade die neuesten Bauarten für Einzelachsantriebe, wie solche mit Buchli-Antrieb von Brown, Boveri & Cie., Mannheim, von denen zehn Schnellzuglokomotiven der Bauart 1 AAAA 1 zu je 2000 PS von der Deutschen Reichsbahn bestellt sind. Als Beispiel für Einzelachsantrieb war nur die AAA + AAA-Güterzuglokomotive der Siemens-Schuckertwerke zu sehen.

Der Vorteil dieser Bauart durch den Fortfall jedes Kurbelgestänges und der Verwendung nur umlaufender Getriebeteile außer den üblichen Treibachs-Kuppelstangen zeigte sich noch bei der B + B-Lokomotive für Personen- und Güterzugdienst, die von der AEG, Berlin, gebaut ist. Bei ihr treibt der halbhoch gelagerte Motor eine Zahnrad-Vorgelegewelle, die mit den links und rechts von ihr liegenden Treibachsen gekuppelt ist. Die Vorgelegewelle ist gegenüber dem Achsmittel um 70 mm erhöht, und zum Ausgleich dieses Höhenunterschiedes und zur Ermöglichung des Federspiels ist eine Schlitzkuppelstange mit beweglichem Stein angewendet. Bei dieser Maschine beträgt die höchste Zugkraft am Treibradumfang 12 200 kg und die Dauerleistung am Treibradumfang 800 PS bei einem Dienstgewicht von 72 t. Die höchste Geschwindigkeit der Lokomotive beträgt 65 km/h, und diese kann auf der Steigung von 10 vH ein Anhängegewicht von 280 t mit einer Geschwindigkeit von 35 km/h befördern.

Die übrigen ausgestellten sechs Lokomotiven gehörten der Bauart mit Parallelkurbelgetriebe und Kuppelstangen an, bei der das Drehmoment von der Motorachse auf die Treibachsen durch besonderes Gestänge übertragen wird. Die Lage des Gestänges kann hierbei je nach der Höhenlage des Motors stark oder schwach geneigt zur Lokomotivlängsachse sein. Die Motorgröße und deren allfällige Unterteilung ergibt die weitere Reiheneinteilung.

Die 2 D 1-Personenzug- und die 2 C 2-Schnellzuglokomotive der Bergmann-Elektrizitätswerke mit hoch auf dem Fahrgestell

Abb. 5 und 6. Anordnung der elektrischen Ausrüstung in der 2 B B 2-Schnellzuglokomotive.

a Stromabnehmer
b Ölschalter
c Transformator und Hüpfergruppe
d Fahrtwenderschützen
e Wendefeldwiderstände
f Motoren und Lüftersätze
g Lüfter für den Transformator
h Ölpumpe
i Kreiselgebläse
k kleine Apparate
l Umformer
m Fahrschalter
n Heizkörper
o Walzenschalter für Heizung
p Handluftpumpe

RZ3724

Abb. 7. Vereinfachtes Schaltbild der 2 B B 2-Wechselstromlokomotive.

a Fahrtwender
b_1 b_2 b_3 b_4 Hauptmotoren
c Kompensationswicklung
d Wendepolwicklung
e Haupttransformator
f Schützenschalter
g Schaltdrosselspule
h Ausgleichtransformator.

sitzendem großen Einzelmotor, der ohne Verwendung von Zahnradvorgelegen unmittelbar mit zwei Paar unter 90° zueinander geneigten Treibstangen auf die zwischen den Achsen auf Treibachsmitte gelagerten Blindwellen wirkt, wurden gezeigt; sodann die 1 B + B 1-Güterzuglokomotive der Maffei - Schwartzkopff-Werke mit auf dem Rahmen halbhoch gelagertem Motor mit doppeltseitigem Zahnradgetriebe und die C+C - Güterzuglokomotive der sogen. Wasseg-Gruppe (AEG und SSW) mit auf dem Rahmen halbhoch gelagertem Doppelmotor mit doppelseitigem Zahnradvorgelege, bei der die Kraft von der Vorgelegewelle auf die Treibräder durch schräg angelenkte Treibstangen (Schrägstangen) übertragen wird.

Schließlich folgte als dritte Anordnung die leichte Personenzuglokomotive der Bauart 1 C 1 von Brown, Boveri & Cie. und die schwere Personen- und Schnellzuglokomotive der Bauart 2 BB 2 der Siemens-Schuckertwerke. Die zweite Maschine ist annähernd die Verdoppelung der ersten.

Die 2 BB 2-Lokomotive hat zwei voneinander gänzlich unabhängige Triebwerkgruppen; je zwei zu einem Doppelmotor vereinigte Motoren arbeiten mittels doppelseitigen Zahnantriebes auf eine gemeinsame in Ankerachsmitte liegende Vorgelegewelle, von der die Motorarbeit durch Treibstangen auf die in Treibachsmitte gelagerten Kurbelblindwellen und weiter mittels Kuppelgestänges auf die beiden jeweils benachbarten Treibachsen übertragen wird. Diese Lokomotive der Deutschen Reichsbahn, Gruppe Bayern, Abb. 4, ist dazu bestimmt, Personen- und Schnellzüge von 500 t mit einer Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h auf den bayerischen Gebirgsstrecken zu befördern. Bei der ausgestellten Lokomotive stammte der elektrische Teil von den Siemens-Schuckertwerken, der Wagenteil von J. A. Maffei in München; im ganzen sind 35 solche Lokomotiven in Anlieferung begriffen. Ihre elektrischen Ausrüstungen werden gemeinsam von den SSW und der AEG geliefert.

Die Anordnung der Lokomotive ist aus Abb. 5 und 6 ersichtlich; sie hat vier Treibachsen, von denen je zwei gekuppelt sind, und zwei zweiachsige Laufgestelle. Der durchgehende Rahmen trägt in der Mitte den gemeinsamen Umspanner mit aufgebautem Schaltwerk und nach den Enden zu die beiden Doppelmotoren nebst den Zahnradblindwellen, von denen Treibstangen auf die in Treibachsmitte im Rahmen gelagerten Kurbelblindwellen arbeiten. Die Schwerpunktlage ist für die Lokomotive in der Verwendung als Schnellzuglokomotive günstig. Denn bei schnell fahrenden Lokomotiven sind die schweren Massen der Motoren hoch zu lagern, durch Drehgestelle ist eine gute Längsführung und zugleich durch seitliche Verschiebbarkeit einzelner Radsätze eine gute Kurvenläufigkeit zu erzielen. An sich ist der Antrieb etwas verwickelt und daher auch teuer, aber die Motoren sind bei der hohen Lage gut zugänglich, und auch die Zahnräder lassen sich gut beaufsichtigen.

Die Lokomotive hat folgende Hauptkennzahlen:

Länge der Lokomotive über alles	17 190 mm
Gesamtradstand	13 600 „
Abstand zwischen den Drehzapfen	11 750 „
Fester Radstand bei Seitenverschiebbarkeit der beiden mittleren Kuppelachsen	6 800 „
Treibraddurchmesser	1 400 „
Laufraddurchmesser	850 „
Kastenbreite der Lokomotive	3 050 „
Höhe der Lokomotive über S. O.	3 850 „
Dienstgewicht rd.	135 t
Reibungsgewicht rd.	74 t
Größte Zugkraft am Treibradumfang . . .	16 500 kg
Dauerzugkraft am Radumfang bei 54 km/h etwa	10 000 „

Die Schaltung der Lokomotive für einen Betrieb mit Einphasenwechselstrom von 15 000 V und 16⅔ Per., der mittels zweier SSW-Scherenstromabnehmer von der Fahrleitung abgenommen und über einen Ölschalter mit Höchststromauslösung dem Haupttransformator von 2050 kVA Dauerleistung zugeführt wird, ist aus Abb. 7 ersichtlich. Der Haupttransformator ist als luftgekühlter Öltransformator ausgebildet, bei dem das Öl von einer Kreiselpumpe durch Rohre getrieben und ständig im Umlauf gehalten wird. Die Kühlluft für den Transformator wird aus dem Maschinenraum angesogen, gelangt durch einen Sammelschacht und einen Kanal zum Lüfter und von hier durch das Dach ins Freie. Lüfter und Kreiselpumpe werden von getrennten Hilfsmotoren angetrieben.

Abb. 8. Doppelmotor der SSW zum Antrieb der 2 B B 2-Lokomotive.

Die vier Motoren sind zu je zwei hintereinander geschaltet. Das Anfahren und die Regelung der Fahrgeschwindigkeit wird mit Hilfe von elektromagnetisch betätigten Stufenschützen durch Änderung der den beiden Motoren zugeführten Spannung vom Haupttransformator in 19 Stufen erreicht. Die Doppelmotoren, Abb. 8, sind fremdgelüftete, kompensierte Einphasen-Reihenschlußmotoren mit Wendefeld von 2 × 360 kW Dauerleistung und mit 10 Polen. Die Dauerleistung der Lokomotive beträgt somit 1440 kW = 1960 PS. Auf jedem Doppelmotor ist ein Doppellüfter aufgebaut, der die aus dem Maschinenraum entnommene Kühlluft (etwa 6 m³/s) auf drei Wegen durch den Motor saugt, so daß sämtliche stromdurchflossenen Teile wirksam gekühlt werden. Die Kühlluft wird über das Dach ins Freie abgeführt.

Die Motoren arbeiten mit doppelseitigem Zahnradantrieb und Übersetzung 1 : 2,86, die Ritzel auf den Läuferwellen sind mit Federung versehen, die durch eine Lamellenkupplung gedämpft wird. Jedes Motorpaar ruht in einer Wanne aus Stahlformguß, die aus einem oberen und einem unteren Teil gebildet wird und die Lagerungen der beiden Ankerwellen und der Vorgelegewelle enthält. Der Unterteil der Wanne ist durch Schraubenbolzen mit dem besonders kräftig gehaltenen Stahlformgehäuse verbunden, in dem die Blindwelle gelagert ist und an dem Lappen auf den beiden inneren Rahmenseiten nach der Vorgelegewelle hin angegossen sind, so daß eine kraftschlüssige Übertragung in den aus Stahlformguß hergestellten Bauteilen der Lokomotivgetriebe besteht. Zur Schmierung der Zahnräder sind Ölpumpen vorgesehen, die das im Zahnradschutzkasten sich sammelnde Öl ansaugen und auf die Zahneingriffsflächen spülen.

Sechzehn solcher 2 BB 2-Lokomotiven werden zur Zeit bei den Siemens-Schuckert-Werken ausgeführt. [M 37] Przygode.

Neuartige Einrichtung zum Gleisumbau.

Die Einrichtungen zum Gleisumbau von der Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, die auch auf der Eisenbahntechnischen Ausstellung in Seddin 1924 zu sehen waren, bestehen aus einem selbstfahrenden Lokomotiv-Dampfkran mit verstellbarem Ausleger von 3,5 t Tragkraft bei 10,5 m Ausladung, einem Graspflug und einem Schotterpflug.

Vor dem Beginn des Umbaues wird durch eine Lokomotive der Graspflug auf dem umzubauenden Gleis entlang gezogen, Abb. 9. Dieser Pflug zieht seitlich der Schwellen zwei Gräben. Dabei werden Gras und Unkraut entfernt, die Erde zur Seite geworfen und der Schotter seitlich der Schwellen gelockert, was das Ausheben der Joche aus dem Bett etwas erleichtert. Der Graspflug wird dann zur Seite gelegt.

Mit dem Kran werden nun etwa vier bis fünf Joche aus dem Bett ausgehoben, zur Seite gelegt oder verladen, die Lokomotive mit dem Kran gekuppelt und der lenkbare Schotterpflug an einem etwa 70 m langen Seil mit einer Fahrgeschwindigkeit von 0,8 bis 1 m/s über das freigelegte Bett gezogen, das hierdurch vertieft und geebnet wird zum Wiederauflegen der neuen Schienenfache, Abb. 10. Die Eindringtiefe des Schotterpfluges ist durch veränderliche Gewichtsbelastung zu regeln, ferner durch drei in der Höhe mit Windwerk verstellbare bereitgehaltene Rollen. Mit

den Rollen kann auch dieser Pflug so hoch gehoben werden, daß er über Hindernisse auf der Strecke, die das Bett durchqueren, wie Kanäle, Gestänge und dergl., auf den Rollen fahrend, hinweg gezogen werden kann.

Der Kran nimmt nun wieder die nächsten vier Joche heraus, und der gleiche Vorgang wird wiederholt, bis die ganze umzubauende Strecke zum Auflegen der neuen Joche bereit ist. Diese seitlich der Strecke lagernden Joche werden wieder mit dem Kran aufgenommen, der sie dann in umgekehrter Fahrtrichtung vor sich her legt und sich auch auf dem vorläufig noch nicht unterstopften Gleis fortbewegen kann, Abb. 11. Ist ein zweiter Kran vorhanden, so kann das Auflegen der neuen Joche auch schon sofort nach dem Ausheben der ersten vier bis fünf Joche, nachdem der Schotterpflug diese Strecke geebnet hat, beginnen. Das Anfahren und Lagern der neu einzubauenden Joche richtet sich nach den vorliegenden Verhältnissen und kann schon längere Zeit vor dem Beginn des Umbaues in Zeiten weniger dichter Zugfolge vorbereitet werden.

Bei Umbauten auf Verschiebebahnhöfen, wo vorübergehend mehrere Gleise zur Verfügung stehen, arbeitet der Kran auf dem Nachbargleis des umzubauenden Gleises und entnimmt die Schienenjoche unmittelbar dem Wagen. Ebenso können die herausgenommenen Schienenjoche unmittelbar auf Eisenbahnwagen verladen werden.

Die Ersparnisse beim Arbeiten mit diesen Einrichtungen sind bedeutend. Abgesehen von der Ersparnis an Zeit und Mannschaften sind die Kosten in der Regel halb so hoch wie beim Umbau von Hand. [M 878] Gs.

Abb. 9. Grabenziehen mit Graspflug vor Umbau des Gleises.

Abb. 10. Schotterpflug zum Vertiefen und Ebnen des freigelegten Bettes.

Abb. 11. Auflegen des Gleises mit dem Kran.
Abb. 9 bis 11. Gleisverlegemaschine von Mohr & Federhaff.

Maschinenteile.

Ein neuer Konstruktions- und Isolations-Werkstoff.

Der allgemein angestrebte geräuschlose Lauf von Zahnrädern und der bei hoher Umlaufzahl sowie bei stoßweiser Einschaltung bedingte starke Verschleiß der Zahnräder hat dazu geführt, einen neuen Werkstoff herzustellen, der den hohen Beanspruchungen in jeder Beziehung gerecht wird. Dieser neue Werkstoff, „Novotext“[1]) genannt, ist aus Textilstoffen und künstlichen Harzen hergestellt und dürfte sich für An-

[1]) Herstellerin: Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft; Fabrik für Isolierstoffe, Hennigsdorf.

Abb. 12 bis 15. Vergleich eines Bronze- (links) und eines Novotext-Zahnrades (rechts), die unter gleichen Bedingungen eingebaut und gelaufen waren, und zwar 250 h mit 2500 Uml./min.

Abb. 16. Ausgesägte Zahnradrohteile aus Novotextplatten.

Abb. 17. Gefräste Zahnräder aus Novotextplatten.

triebe mit hoher Umlaufzahl besonders gut eignen, da Brüche oder Beschädigungen des Werkstoffes durch Schwingungsbeanspruchungen nicht vorkommen, Abb. 12 bis 15.

Auf dem Prüfstand vorgenommene Versuche haben eine außerordentlich hohe Lebensdauer von Zahnrädern aus Novotext ergeben; das ist in der hohen Geschmeidigkeit des Gefüges begründet, die die auftretenden Schwingungen dämpft und somit nahezu aufhebt. Der Werkstoff hat außerdem die gleichen allgemeinen Eigenschaften wie die Isolationsstoffe aus Hartpapierfabrikaten, die aber in mechanischer Beziehung weit übertroffen werden. Eine Bearbeitung in gebrauchsfertigem Zustand, d. h. in Platten bis zu 1000 × 1000 mm² Größe und einer Dicke bis zu 150 mm, ferner in Form von Rohren, Stäben, Formstücken usw., ist nur mit Werkzeugen oder Werkzeugmaschinen möglich.

Zum Zwecke der Herstellung von Zahnrädern müssen die Stücke aus den Platten mittels Bandsäge ausgeschnitten werden, worauf sie auf der Drehbank, auf Bohr- und den gleichen Sondermaschinen bearbeitet werden, die für die Herstellung der verschiedensten Zahnformen aus Metall üblich sind, vergl. Abb. 16 und 17. Im Bedarfsfalle muß die Herstellung in besonderen Formen erfolgen. Fast alle Formen, wie Räder mit besonders starker Nabe oder besonderen Zahnkränzen, auch mit eingepreßter Metallbuchse, lassen sich anfertigen.

Gegen äußere Einflüsse ist der Werkstoff sehr unempfindlich, z. B. weicht er nicht auf oder verändert seine Form in heißem Öl von 80 bis 100 °C; von schwachen Säuren oder Alkalien wird er nicht angegriffen, in Alkohol, Benzol, Terpentin usw. ist er unlöslich und auch gegen Wasser unempfindlich. Sein spezifisches Gewicht beträgt 1,34 bei einer Brinellhärte von rd. 30 und einer Schlagbiegefestigkeit bis zu 30 kg/cm². Die Ausdehnungszahl beträgt 0,0003.

Natürlich sind diese Zahlen nur Mittelwerte, die sich je nach den verwendeten Textilstoffen, wie Seide, Batist, Leinewand usw., ändern. Die Anwendungsmöglichkeiten sind außerordentlich groß; so kann Novotext verwendet werden: für Lagerschalen bei dünnen Wellen, für Unterbrechernocken an Magneten, für Belege von Kupplungen und Radbremsen bei Kraftwagen, für Zahnräder in Werkzeugmaschinen, an Motoren zur Steuerung der Nockenwelle, der Licht- und Anwurfmaschinen usw. Der neue Werkstoff dürfte den in Amerika hierfür gebräuchlichen Werkstoffen durchaus ebenbürtig sein. [M 96] W. W.

Selbsttätige Schleifmaschine für Spiralbohrer.

Berichtigung. Der im Schlußteil des Aufsatzes: „Die selbsttätigen Arbeitsmaschinen", Z. Heft 9 S. 291, erwähnte und in Abb. 45, S. 292, dargestellte Spiralbohrer-Schleifautomat wird nicht von Gebr. Schmaltz, sondern von der Firma Friedrich Schmaltz G. m. b. H., Schleifmaschinen- und Schleifräderwerke, Offenbach a. M., hergestellt. [N 326]

Die Abwärmeverwertung in Orts- und Fernheizwerken.

Berichtigung. In dem Aufsatz von Prof. Eberle muß auf S. 299, rechte Spalte, die 13. Zeile lauten; $\alpha = 3{,}145 \frac{(\gamma w)^{0{,}79}}{d^{0{,}16}}$.

Ebenso heißt es in der Unterschrift zu Abb. 6 bis 9: $\alpha = 4{,}13 \frac{(\gamma_m w)^{0{,}79}}{d^{0{,}16}}$.

[N 294]

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Trattato completo di Idraulica teorica e sperimentale. Von Ing. Prof. Donato Spataro. 3. Vol. Azioni, reazioni e resistenza dei fluidi. Mailand 1924, Ulrico Hoepli. 1000 S. mit 581 Abb. Preis Lire 80.—.

Der dritte, vorläufig abschließende Band des umfangreichen Werkes über Hydraulik (im ganzen 2577 Seiten mit 1568 Abbildungen) behandelt die Kraftwirkung strömender Flüssigkeiten. Im ersten Abschnitt werden die grundlegenden Impulsgleichungen für die stationäre Strömung erläutert, wobei die Einführung der Druckhöhenverluste nicht einwandfrei sein dürfte; der zweite Abschnitt behandelt sehr breit die Anwendungen bei Ausflußvorgängen und bei Kreiselrädern. Im dritten Abschnitt werden die Wirkung eines Strahles auf ebene und gekrümmte Flächen verfolgt, zugehörige, meist ältere Versuche besprochen und die elementare Theorie der Freistrahlturbinen entwickelt. Der vierte Abschnitt ist den Widerstandstheorien bewegter, ganz oder teilweise eingetauchter Körper gewidmet und schließt mit einer Theorie der Wellenbewegung ab. Etwas aus dem Rahmen des Bandes fallend, behandelt der fünfte Abschnitt die Bewegungsvorgänge elastisch flüssiger Körper, der sechste die Homogenitäts- und Ähnlichkeitssätze. Fast die Hälfte des Bandes umfaßt der siebente Abschnitt, er ist dem Versuchswesen gewidmet, beginnt mit den ältesten Versuchen und schließt mit den Einrichtungen der neueren aerodynamischen Versuchsstätten und ihren Ergebnissen ab.

Die Darstellung ist ausführlich und anschaulich. Die Anordnung des Stoffes läßt Wiederholungen nicht vermeiden. Der Verfasser hat sich bemüht, den vorhandenen Stoff sorgfältig auszuwählen und möglichst vollständig anzuführen. Auch das deutsche Schrifttum über das Gebiet, Lehrbücher wie Zeitschriften, ist recht umfassend herangezogen, manche Abbildungen sind maßstäblich übernommen. Der Text ist sorgfältig ausgeführt, die Abbildungen dagegen lassen teilweise zu wünschen übrig. Namentlich die Darstellungen mancher Versuchseinrichtungen sind undeutlich, einzelne photographische Strömungsbilder lassen nur notdürftig das Wesentliche erkennen. Im vierten Abschnitt wird man die Theorien von Prandtl und v. Kármán vermissen. Der Verfasser hat diese aber wohl für den in Aussicht gestellten vierten Band vorbehalten, der die Hydrodynamik behandeln soll.

Die technischen Anwendungen sind verschieden behandelt, die elementare Theorie der Turbinen und Kreiselpumpen ist ziemlich weitgehend gebracht, über Triebschrauben findet man sehr wenig. Meines Erachtens gehen die Anwendungen manchmal zu weit. Wenn beispielsweise für Kreiselpumpen Betriebsgleichungen entwickelt werden, so muß auch über die nicht einfache Wahl der Querschnitte und Winkel, die in die Rechnung einzuführen sind, das Notwendige gesagt werden, sonst sind die Gleichungen unbrauchbar.

Spataro hat die sehr schwierige Aufgabe, das umfangreiche Gebiet der Hydraulik so darzustellen, daß sein Werk als Lehrbuch und als Handbuch gelten kann, mit Hingabe und Erfolg angefaßt, hinsichtlich der Auswahl des Stoffes und des Umfanges der Behandlung der Einzelgebiete kann er unmöglich jedem Geschmack voll entsprechen. Wir besitzen in deutscher Sprache eine Reihe älterer und neuerer, vorzüglicher, zusammenfassender Werke über Hydraulik, werden aber trotzdem neben Flamant, Masoni, Gibson auch Spataros großes Werk mit Nutzen verwenden können. [E 123] E. Braun.

Moderne Metallkunde in Theorie und Praxis. Von J. Czochralski. Berlin 1924, Julius Springer. Mit 292 S. und 298 Textabb. Preis geb. Gm. 12.

Selten hat dem Unterzeichneten die Besprechung eines Buches so viel Genuß und Anregung geboten wie im vorliegenden Falle. Aus dem überaus reichhaltigen Inhalt seien hier nur die wichtigsten Abschnitte hervorgehoben. Der erste Teil behandelt den Gefügeaufbau und die Technologie der Gußmetalle. Der Leser wird zunächst an der Hand von Anwendungsbeispielen in die Grundregeln der Phasenlehre eingeführt; es folgt die Besprechung der Hauptarten der Erstarrungsdiagramme binärer Legierungen, wobei die theoretischen Erörterungen an der Hand von Beispielen aus der Praxis erörtert werden. Überall sind die neuesten Forschungsergebnisse berücksichtigt worden. Besprochen werden folgende Legierungsreihen: Kupfer-Zink, Kupfer-Zinn, Kupfer-Aluminium, Aluminium-Zink, Aluminium-Magnesium, Zinn-Blei, Zinn-Antimon, Blei-Antimon. Besondere Beachtung verdienen die neuen Diagramme Aluminium-Lithium, Aluminium-Silizium, Blei-Natrium, Blei-Kalzium und Blei-Strontium, von denen die letzteren als Grundlegierungen neuer Lagermetalle immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Der Abschnitt: Hauptarten der Ätzerscheinungen und die metallographischen Ätzverfahren, gibt dem praktisch arbeitenden Metallographen sehr viele wertvolle Winke und Hinweise. Letzteres gilt insbesonders auch für den folgenden Abschnitt: Der Gefügeaufbau und seine Bedeutung für den Gießereibetrieb. Der Verfasser des Buches steht als Leiter des metallographischen und metallurgischen Laboratoriums der Metallbank und Metallurgischen Gesellschaft Frankfurt a. M. selbst mitten in der Praxis. Alle Angaben stützen sich auf eigene Erfahrungen und Beobachtungen. Praxis und Wissenschaft ergänzen sich in diesem Buch wie in keinem ähnlichen der inländischen und ausländischen Literatur, und darin liegt vielleicht der Hauptreiz, der den Leser beim Studium des Werkes gefangen hält.

Der zweite Teil: Gefügeaufbau und Technologie der gekneteten Metalle, mit seinen Unterabschnitten: Kristallographische Erscheinungen an kaltgestreckten Metallen, Rekristallisationsdiagramme, Vorgänge bei der Rekristallisation, Verlagerungshypothese und Röntgenforschung, Grundlagen der Verfestigungsvorgänge, Kräftemechanik der Verfestigungsvorgänge, die inneren Fließvorgänge und ihre Bedeutung für die Knetbearbeitung der Metalle im Betriebe, gehört zu den bedeutendsten, den Praktiker und Wissenschaftler in gleicher Weise angehenden Veröffentlichungen über diese schwierigen und noch wenig geklärten

Fragen. Die Bezeichnung „Knetbarkeit" oder „Knetbearbeitung" wird hier vom Verfasser zum erstenmal in die Terminologie der technischen Begriffsbestimmungen eingeführt, sie scheint zweckmäßig, eindeutig und umfassend und dürfte sich wohl einbürgern.

Die schönen Untersuchungen des Verfassers über dislozierte, homogene und inhomogene Reflexion haben manchen wertvollen Aufschluß über den Einfluß der Kaltreckung auf den Gefügeaufbau der Metalle und Legierungen erbracht. Die Betrachtungen über die Nutzanwendung der Rekristallisationsdiagramme verdienen besonders für den Praktiker alle Beachtung, das gleiche gilt für die Abschnitte, die sich mit der Theorie der Rekristallisation beschäftigen.

Der Verfasser ist einer der Hauptvertreter der „Verlagerungshypothese", die Störungen im gesetzmäßigen Gitteraufbau der Kristalle zur Erklärung der Vorgänge bei der Kaltreckung annimmt. Er unterbreitet hier an der Hand zahlreicher Röntgenaufnahmen seine ureigenste Auffassung über diese schwierigen Fragen der Öffentlichkeit.

Der Streit der Meinungen über die verschiedenen Hypothesen hat lange getobt, allmählich klären sich auch hier die Ansichten. Jedenfalls bietet gerade dieser Abschnitt wertvolle Anregungen in Hülle und Fülle.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen die weiteren Abschnitte, die sich mit den Grundlagen der Verfestigungsvorgänge befassen. Die klassischen Untersuchungen des Verfassers über die Festigkeitseigenschaften der Einkristalle, die äußeren und inneren Fließvorgänge, die Untersuchungen über die Abhängigkeit der Verfestigung von der Walzrichtung werden hier im Zusammenhang nochmals kritisch beleuchtet, sie leiten hinüber zu den Verfestigungsvorgängen an Vielkristallen, also zu den technischen Metallen und Legierungen.

Zum Schluß werden einige Beispiele aus der Praxis über Reckspannungen infolge zu weitgehenden Kaltziehens gebracht.

Schon obige kurze Zusammenfassung zeigt, wie überaus reichhaltig der Inhalt des Buches ist. Sein Studium ist nicht nur dem lernenden, sondern auch dem lehrenden Metallographen und Metallurgen dringend zu empfehlen. [E 187] Bauer.

Die Legierungen in ihrer Anwendung für gewerbliche Zwecke. Von Ledebur-Bauer. 6. umgearbeitete u. erweiterte Aufl. Berlin 1924, M. Krayn. 424 S. m. 154 Abb. u. 150 Zahlentafeln. Preis Gm. 20.

Die Nachkriegszeit hat uns eine Fülle von Veröffentlichungen und von Fortschritten auf dem Gebiete der Metallkunde gebracht. In einem Buch über Legierungen mußte dies zum Ausdruck kommen, und so erscheint die neue Auflage dieses Buches fast um ein Drittel an Seitenzahl erweitert, zum Teil neu bearbeitet.

Der erste Teil, der hauptsächlich die Entwicklung des Aufbaues der Legierungen behandelt, ist schon in der Auflage von 1919 ziemlich ausführlich. Die meisten Erstarrungsschaubilder waren schon damals bekannt, so daß hier wesentliche Erweiterungen nicht nötig waren. Es wäre vielleicht zu erwägen, ob man nicht sämtliche Erstarrungsschaubilder oder wenigstens die wichtigsten in einem Teil vereinigt, während sie heute teils im ersten Teil, teils auch im zweiten und vierten Teil verstreut sind. Diese Schaubilder werden immer mehr an Bedeutung gewinnen, und man wird Wert darauf legen, sie möglichst schnell, also an einer Stelle, bei Bedarf auffinden zu können.

Im zweiten Teil: Eigenschaften, haben vornehmlich die Abschnitte über Festigkeit, Härte und Gießbarkeit erhebliche Erweiterung erfahren. Die Gebiete der Rekristallisation und Entmischung waren Gegenstand zahlreicher Meinungsäußerungen; hier hat der Verfasser diese für Gießereien und Weiterverarbeitung gleich wichtigen Vorgänge entsprechend ausführlich gewürdigt.

Im dritten Teil: Darstellung der Legierungen, würde mancher Metallfachmann wohl den Abschnitt über Schmelzverluste durch Abbrand noch etwas erweitert, z. B. den Begriff Krätze und Abbrand noch ausführlicher, vielleicht an Hand eines Beispiels behandelt sehen wollen. Über die richtige Auffassung gerade des Begriffes Krätze wird oft gestritten, weil aus diesem Material durch spätere Aufbereitung ein nicht unbeträchtlicher Bestandteil von Metall zurückgewonnen werden kann. Auch über das zulässige Maß von Abbrand beim Schmelzen und Umschmelzen von Legierungen und über die Höhe des ohne Gefahr wieder zu verwendenden Altmetallzusatzes wird man gern Hinweise erhalten.

Der vierte Teil, der die Eigenschaften der einzelnen gewerblich wichtigsten Legierungen enthält, ist beträchtlich erweitert worden. Vornehmlich sind es die Legierungen des Kupfers und der Leichtmetalle, deren Erörterung viel Neues bringt. Die Normenvorschläge sind bereits aufgenommen.

Das noch sehr handliche Format und die gedrängte und klare Darstellung machen das Buch zu einem Handbuch des Maschinen-, Werkstoff- und Hütteningenieurs, das jeder, der sich über Legierungen unterrichten will, besitzen muß. [E 175] Dr. Kühnel.

Die elektrische Lichtbogenschweißung, ihre Hilfsmittel und ihre Anwendung. Von Dipl.-Ing. Oskar Wundram. Hamburg 1925, Hanseatische Verlagsanstalt. 144 S. m. 83 Abb. Preis geb. Gm. 4.

Die elektrische Lichtbogenschweißung ist als Mittel zum Verbinden von Metallstücken ein bedeutender technischer Fortschritt gegenüber mechanischen Mitteln, wie z. B. dem Vernieten, da sie mit erheblich geringerem Aufwand an Arbeit und sachlichen Mitteln die gleiche oder noch bessere Leistung erzielt.

Die Erfolge ihrer Anwendung in der Praxis sind aber noch sehr verschieden. Scheinbar sind auch die Ausführungen der Lichtbogenschweißung noch recht verschieden und selbst in der Praxis mangelhafte theoretische und praktische Kenntnis der Lichtbogenschweißung, sogar falsche Vorstellungen darüber anzutreffen.

Das vorliegende Buch will die hier fehlende Aufklärung bieten. Im ersten Abschnitt werden die Grundlehren der elektrischen Schweißung in einer Weise behandelt, die sie auch dem nicht elektrotechnisch Vorgebildeten verständlich macht. Dann werden das Wesen des Lichtbogens und seine Verwendung für das Schweißen erörtert, Vorgänge und Erscheinungen im Lichtbogen erklärt und die Bedingungen für die Erzeugung eines geeigneten Schweißstroms aufgestellt.

Der zweite Abschnitt befaßt sich mit den Hilfsmitteln der Lichtbogenschweißung, den einzelnen Arten der Stromquellen, namentlich auch der Wechselstromschweißmaschine, und den Elektroden, die entsprechend ihrer Bedeutung für die Schweißung gewürdigt werden. Im dritten Abschnitt über Verfahren und Anwendungen der Lichtbogenschweißung findet man wertvolle Fingerzeige für das Lichtbogenschweißen von Flußeisen und Gußeisen und über die Beschaffenheit des Gefüges.

Das Buch geht also auf alle wichtigen Fragen der Lichtbogenschweißung ein und dürfte zu ihrem weiteren Erfolg beitragen. [E 157] Dipl.-Ing. Strelow.

Das Ziehen unregelmäßig geformter Hohlkörper. Von Hans D. Brasch. Berlin 1925, VDI-Verlag. (Forschungsarbeiten H. 268.) 33 S. m. 89 Abb. u. 36 Taf. Preis Gm. 10.

Über Einrichtungen zum absatzweisen Auswalzen von nahtlosen Stahlrohren. Von Hugo Ackerman. Bonn 1915, Carl Georgi. 75 S. m. 21 Taf. Preis Gm. 7.50.

Die Kondensation bei Dampfkraftmaschinen. Von K. Hoefer. Berlin 1925, Julius Springer. 442 S. m. 443 Abb. Preis Gm. 22,50.

Feuerfest. Jahrg. 1, H. 1, Januar 1925. Leipzig, Otto Spamer. Jährlich 12 Hefte. Preis viertelj. Gm. 2,80.

Chemische Technologie der Neuzeit. Herausg. v. Otto Dammer. 2. erw. Aufl. v. Franz Peters. Bd. 1. Stuttgart 1925, Ferd. Enke. S. 577 bis 817. Abb. 484 bis 616. Preis Gm. 12.

Die Fermente und ihre Wirkungen. Von Carl Oppenheimer, nebst einem Sonderkapitel: Physikalische Chemie und Kinetik. Von Richard Kuhn. 5. völlig neubearb. Aufl. Lfg. 5. Leipzig 1925, Georg Thieme. S. 641 bis 775, Abb. 63 bis 74. Preis Gm. 10,20.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 4. APRIL 1925 NR. 14

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 456.

Die Flugzeuge auf der neunten Pariser Luftfahrt-Ausstellung vom 5. bis 21. Dezember 1924.

Von Dipl.-Ing. F. Goßlau, Charlottenburg.

Die wichtigsten Flugzeuge und einige Einzelteile der Ausstellung werden besprochen. Das Zeitmaß des Fortschritts ist bei den einzelnen Firmen verschieden, doch hat ganz allgemein der französische Flugzeugbau, durch reiche staatliche Mittel unterstützt, in den letzten sechs Jahren nennenswerte Verbesserungen erreicht. Im Metall-Flugzeugbau, der stark zugenommen hat ist ebenso wie bei den Riesenflugzeugen deutscher Einfluß unverkennbar. Der Bau von Kriegflugzeugen mit starker Bewaffnung steht in Frankreich im Vordergrund. Hinsichtlich der Geschwindigkeit sind bereits die Grenzen des physisch Erträglichen erreicht

Abb. 1. Gesamtbild des großen Ausstellungsraumes im Grand Palais.

Keiner, der die Riesenhalle des Grand Palais betrat, konnte sich der Wirkung des glänzenden und dekorativ sehr geschmackvollen Gesamtbildes, Abb. 1, entziehen. Das mattgelbe Licht, die trotz großer Abmessungen doch immer zierlichen Flugzeuge, gute Musik und für den an Einzelheiten interessierten Fachmann — wenigstens in den letzten Tagen — erfreulich geringer Besuch der Ausstellung: all das hielt immer aufnahmefähig.

Das Zeitmaß des Fortschritts ist bei den einzelnen Firmen überraschend verschieden. So sieht man z. B. bei Caudron noch immer den altbekannten Doppeldecker C 168 mit zurückklappbaren Flügeln mit dem 70 PS-Anzani-Motor als Schulflugzeug, den C 127 mit 80 PS-Le Rhône- oder 130 PS-Clerget-Motor als Aufklärungsflugzeug, den C 99 mit 400 PS-Lorraine oder 450 PS-Hispano-Suiza, den C 59 mit 140- oder 180 PS-Hispano-Suiza mit Doppelsteuerung, ganz in Holz gebaut. Die Ausführung des Tragwerks ist noch ganz alte Schule: dünnes Profil, 12 Stiele zwischen den Flügeln und diagonale Drahtverspannung, wirklich kein Fortschritt!

Auch bei Morane-Saulnier geht die Entwicklung langsam. Scheinbar will man bei diesen Eindeckern auf den freitragenden Flügel hinaus, zu dessen Bau man aber wohl noch nicht genügend Vertrauen und Erfahrung hat, wie der zweimal fünffach abgestützte Tragflügel der Type 50, Abb. 2, zeigt.

Demgegenüber kann man den schnittigen Bernard-Simb-Eindeckern (Lizenz Hubert) ein lebhaftes Interesse nicht versagen. Hier ist hohes technisches Wollen und Können, vollendete Linienführung und saubere Werkstattarbeit erfolgreich vereinigt; hat doch das Rennflugzeug, Abb. 3 bis 5, eine Rekordgeschwindigkeit von 449 km/h erreicht. Es hat einen 12 Zyl.-Hispano-Suiza-Motor von 600 PS, der unmittelbar die Levasseur-Reed-Luftschraube aus Duralumin antreibt. Unter den Tragflächen liegen rippenförmig die beiden Lamblin-Kühler. Während dieses Flugzeug ganz in Holz ausgeführt ist, besteht der Jagdeinsitzer derselben Firma ganz aus Metall. Auch hier die klare, einfache Formgebung, harmonische Einfügung des V-förmigen 300 PS-Hispano-Suiza-Motors und stromlinienrechte Verkleidung des Fahrgestells, ähnlich dem Albatros-

Das schnellste Flugzeug der Welt.
Flächenbelastung 110 bis 120 kg/m².

Abb. 3 bis 5. Bernard-Simb-Eindecker V 2, Rennflugzeug, Höchstgeschwindigkeit 449 km/h. 12 Zyl.-Hispano-Suiza-Motor 600 PS.

Abb. 6. Nieuport-Delage-Renneindecker mit 450-, auch 600 PS-Hispano-Suiza-Motor. Ölkühler unter dem Motor wärmt die Ansaugluft vor. Wasserbehälter im Flügel. Geschwindigkeit 306 km/h.

Sportflugzeug. Die Geschwindigkeit dieses Kampfeinsitzers beträgt 245 km/h, 2000 m Höhe werden in 5 min erreicht.

Nicht minder große Beachtung verdient Nieuport-Delage. Das Siegerflugzeug der Coupe Beaumont 1924, Abb. 6, war zwar nicht ausgestellt, steht aber in der Eleganz der äußeren Formen den vorgenannten Flugzeugen nicht nach. Zu sehen waren jedoch Type 38 für allgemeine Zwecke und 42 C 1, Abb. 7, die in Holz, in Metall oder auch in gemischter Bauart hergestellt wird. Die gemischte Bauart soll die beste sein, weil sie erlaubt, die verschiedenen Werkstoffe des Flugzeugbaues rationell auszunutzen. Als Jagdeinsitzer ist das Flugzeug mit vier Maschinengewehren ausgerüstet; es wiegt mit dem 450 PS-Hispano-Suiza-Motor 1730 kg. Der Inhalt der Betriebstoffbehälter reicht für zwei Flugstunden. Auf der Ausstellung wurde eine Ausführung gezeigt, bei der die wichtigsten Elemente, wie Fahrgestellt, Holme, Streben und Motorunterbau, aus Metall waren und der aufschiebbare Rumpf aus Furnier bestand. Die Kräfteleitung ist klar, übersichtlich und einfach, die Werkstattausführung vorzüglich.

Auch bei Bréguet, dem Vorkämpfer des Metall-Flugzeugs in Frankreich, war peinlich saubere Arbeit zu sehen. Von einfachen und klaren Bauformen kann aber hier kaum noch gesprochen werden. Viel teure, sehr teure Kleinarbeit läßt die große Linie des Aufbaues und der Kräfteaufnahme in zu weit getriebener Auflösung untergehen. Das mag schußsicher sein, aber ebenso sicher ist es unwirtschaftlich und auf Verkehrsflugzeuge nur bei Massenanfertigung übertragbar. Zu sehen waren das Gerüst eines Tragflügels und das des Anderthalbdeckers 19, Abb. 8 bis 10, der 1924 die 16 300 km lange Strecke Paris-Schanghai zurücklegte. Er ist für Fernerkundung und Tagesbombenflüge bestimmt und wird auch in Spanien, Serbien, Japan, Polen, China, Italien und England im militärischen Luftdienst verwendet. Bis auf die Flügelhaut ist alles Metall. Die Räder des Fahrgestells, eine Neuheit, sind in sich nachgiebig, die Kühler zur Regelung der Kühlwassertemperatur in den Rumpf einziehbar. Außer dem 480 PS-Renault-Motor werden in das Flugzeug, mit dem man nach amtlichen Messungen in 2000 m Höhe 222,5 km/h Geschwindigkeit erzielt, der 450 PS- und für Fernaufklärung der 400 PS-Lorraine-Dietrich-Motor, eingebaut.

Abb. 2. Morane-Saulnier 50 mit luftgekühltem 120 PS-Salmson-Sternmotor. Rumpfspitze mit Motor abnehmbar. Verwendung verschiedener Motoren leicht möglich. Fahrgestell: Duralumin-Rohre mit gebrochener Achse.

Abb. 7. Nieuport-Delage 42 C 1 mit 450 PS-Hispano-Suiza-Motor. Hochbeanspruchte Bauteile aus Metall, Furnierschalenrumpf aufgeschoben. Leergewicht 1230 kg, flugfertig 1730 kg. Flächenbelastung 65,6 kg/m². Gipfelhöhe 7,5 km.

RZ29Z8-10

Abb. 8 bis 10. Bréguet-Anderthalbdecker 19, flog die Strecke Paris-Schanghai (16 300 km). Motor 400 PS-Lorraine-Dietrich. Bis auf die Flügelhaut in Metall ausgeführt. Rumpf Duralumin-Rohrfachwerk mit Rahmen für Metallbekleidung. Räder Alpax-Guß mit Gummifederung. M.-G. ohne Turm im abgedeckten Führersitz.

Wenn hier auch Kriegsmaschinen eingehender besprochen werden, so geschieht es, weil auch der Verkehrs-Flugzeugbau manche Anregung aus dem Bau der Militär-Flugzeuge entnehmen kann, wie die Blériot-Typen beweisen. Blériot stellte zwar nur Jagdflugzeuge aus; aber seinen Verkehrs-Doppeldecker Spad 46, der seit drei Jahren bei den französischen Luftfahrtgesellschaften Dienst tut, zeigte die Compagnie Franco-Roumaine, und man konnte daran sehen, daß er in seinem Aufbau und den äußeren Formen den Jagdflugzeugen so ähnlich ist, daß man Verkehrs- und Kriegsflugzeuge, wenigstens nach aerodynamischen Gesichtspunkten, nicht scharf trennen kann.

Spad 81 C 1, Abb. 11 bis 13, ist der neueste Jagdeinsitzer der französischen Armee. Mit dem 300 PS-Hispano-Suiza-Motor erreicht er eine Gipfelhöhe von 8,5 km und in 7 km Höhe eine Geschwindigkeit von 205,7 km/h, gegenüber 250 km/h am Boden. Auf 5 km steigt das Flugzeug in 14 min. Besondrer Wert ist auf gute Sicht und Brandsicherheit gelegt. Unter der Rumpfspitze liegen zwei der bekannten Lamblin-Kühler. Zwei Vickers-Maschinengewehre mit je 800 Patronen bilden die Bewaffnung. Der Spad 61 trägt vier Maschinengewehre, wovon zwei durch den Propellerkreis schießen und zwei auf den oberen Tragflügeln aufgebaut sind. Sonst unterscheidet sich das Flugzeug von dem vorgenannten nur durch den 450 PS-Lorraine-Dietrich-Motor. Im Spad 51 ist der 400 PS-Bristol-„Jupiter", den neuerdings Gnôme-Rhône in Lizenz baut, vorgesehen.

Armstrong-Siddeley stellte außer seinen ebenfalls luftgekühlten Sternmotoren den Siskin-Jagdeinsitzer aus, der 1923 den Rundflug durch England und den Zeitrekord für 1924 gewann. Ihm sagt man besonders gute Steuerfähigkeit und Eignung für Kunstflüge nach. Auffällig ist das Fehlen der Motorverkleidung, die bei doppelreihigen Sternmotoren wegen der geringen Zwischenräume an den Zylindern Schwierigkeiten macht. Sie fehlt auch beim „de Havilland 42", beim Fairey-„Flycatcher", beim Gloucester-„Grebe" und beim Sopwith-„Hawker", und es ist anzunehmen, daß dieser doppelreihige Sternmotor Kühlschwierigkeiten macht. Das ausgestellte Flugzeug war unbespannt und von gemischter Stahl-Holz-Bauart. Es wird mit dem 385/425 PS-Siddeley-Jaguar-Motor ausgerüstet. Geschwindigkeit am Boden 245 km/h, in 3000 m Höhe 230 km/h.

Um bei den Gästen der Ausstellung zu bleiben, auch die Nationale Vliegtuig-Industrie, Holland, benutzt für ihren Militäreindecker Fk 31, Abb. 14 bis 16, einen luftgekühlten Sternmotor, und zwar den bereits erwähnten Bristol-„Jupiter" von 400 PS. Bemerkenswert ist die vielseitige Verwendbarkeit dieses Eindeckers als Kampfeinsitzer, Fernaufklärer und Infanterieflugzeug. Militärisch bedeutet das sicherlich keinen Vorzug; denn die Anforderungen sind bei den einzelnen Kampfaufgaben zu verschieden, als daß man sie mit einer Type ausreichend lösen könnte. Der Eindecker erreicht z. B. als Kampfflugzeug 5 km Höhe erst in 25 min, d. h. fast der doppelten Steigzeit des Spad 81 C 1. Die Geschwindigkeit beträgt immerhin 230 km/h und zeigt die sorgfältige Konstrukteurarbeit in bezug auf geringsten Luftwiderstand. Das Fahrgestell hat keine durchgehende Achse, damit es auch in ungünstigem Gelände ohne Bruchgefahr landen kann. Die Landestöße werden durch Öldämpfung abgefangen. Der Rumpf hat verhältnismäßig großen Durchmesser, ist aber nicht plump, der Flügel zweiholmig und an sechs Punkten gestützt. Die Quersteuerung erstreckt sich über die ganze Breite des Flügels. Im übrigen dient Metall als Werkstoff. Der Motor ist schwenkbar in der Rumpfspitze eingebaut und leicht auswechselbar. In Frankreich hat de Monge die Bauerlaubnis für dieses Flugzeug erworben. Beim Entwurf dürfte der Siemens-Kampfeinsitzer Pate gestanden haben, der nicht mehr an die Front gelangte. Seine hervorragenden Flugeigenschaften hätten vielleicht dem Luftkampf eine ähnliche Wendung geben können wie seinerzeit die Fokker-Eindecker.

Fokker, der seine Ausstellung historisch anfängt, hat natürlich in Paris diese Flugzeuge nicht gezeigt. Dafür aber sah man bei ihm einen guten Bekannten aus

Spad 81 — Spad 51 — Spad 61 — 2,88 — 3,15 — RZ29Z11-13

Abb. 11 bis 13. Drei Spad-Doppeldecker. Mit Blech verkleidete Metallflügel, einstielig, mit vier Querrudern. Rumpfschale und Leitwerk Holz. „Zweibeiniges" Fahrgestell aus Metall. Spad 51 mit Profil Herbemont 16, oben Pfeilform; abnehmbare Enden. Bei Spad 61 als Motorlagerung zwei Holzträger mit Duralumin-Rohrverstrebung und Stahldrahtauskreuzung.

Abb. 14 bis 16. Dreizweck-Eindecker für militärische Aufgaben der Nationalen Vliegtuig-Industrie, Holland, mit luftgekühltem 400 PS-Sternmotor.

Johannisthal: den damals viel genannten selbststabilen Eindecker, dessen gewagte Flüge seinerzeit Staunen erregten. Er schaffte für die Ausstellung das Relief, von dem sich die neueren Konstruktionen formvollendet abheben, und wenn man die neuen Flugzeuge neben den alten sieht und daran denkt, daß die Entwicklung des Flugzeugs schon nach kaum drei Jahrzehnten die Grenze des physisch Erträglichen erreicht hat (Schwinden des Denkvermögens durch Blutleere im Gehirn infolge der Fliehkraft beim Kurvenfliegen mit der heute erreichbaren Höchstgeschwindigkeit), so wird man die wenigstens in technischer Beziehung fördernde Kraft des Krieges nicht leugnen können.

Daß Fokker in Paris nicht Verkehrsflugzeuge, sondern seinen Jagd-Anderthalbdecker D XIII ausstellte, ist nicht verwunderlich. Der Stahlrohrrumpf ist vorn mit Blech und hinten mit Stoff bekleidet, das Fahrgestell besteht, wie bei Fokker üblich, aus Stahlrohr, der Flügel einschließlich der Haut aus Holz. Zum Antrieb dient der bekannte Napier-„Lion", der leider gesondert nicht zu sehen war. Seine 450 PS verleihen dem Flugzeug eine Geschwindigkeit von 265 km/h und eine Steigzeit von 12 min für 5000 m Höhe.

Auch bei Farman sah man überwiegend Heeresflugzeuge. Besonders viel beachtet wurde der Rumpf des Viermotoren-Riesenflugzeuges BN 4, Abb. 17, eines Doppeldeckers mit eckigen Flügeln von gleichbleibendem Profil und einem Mittelrumpf, an dessen beiden Seiten je zwei 500 PS-Farman-Motoren in zwei Gondeln hintereinander so angebracht sind, daß der Zug der mit der halben Motordrehzahl laufenden Schrauben ungefähr durch die Ebene des Widerstandmittels geht. Die Spannweite des Flugzeuges beträgt 35 m, die Höhe 6,5 m, das Fluggewicht bei 4500 kg Nutzlast 11,5 t. Die Ausrüstung für Transport und Abwurf der 3000 kg Bomben, die Anordnung der Zielgeräte und besonders der Gesamtaufbau erinnern immer wieder an die Staakener R-Flugzeuge. Die Besatzung setzt sich aus 5 Mann zusammen. Funkentelegraphie für Empfang und Senden, sowie die neuesten Navigationsgeräte sind vorhanden. Die Behälter fassen 2000 kg Betriebstoffe. Die elektrische Ausrüstung besteht aus unmittelbar von den Motoren angetriebenen Stromerzeugern, die über einen Sammler die Anlasser, die Bord- und Positionslichter, die Signal- und Landungscheinwerfer, die Heizung und die Beleuchtung speisen.

Der Farman A 2 für Aufklärung und Bombenflüge ist mit dem gleichen Motor ausgerüstet und als Anderthalbdecker ganz in Holz gebaut. Die Spannweite des Oberflügels beträgt 15 m, der Unterflügel ist demgegenüber sehr stark verkleinert. Zwei Plätze für den Führer und den Beobachter, der F.-T.-, Photo- und Bombenanlage (560 kg) bedient, sind vorgesehen. Für Beleuchtung und Heizung wird auch hier elektrische Energie umgesetzt. Geschwindigkeit 220 km/h, Gipfelhöhe 7000 m, Nutzlast 1000 kg.

Daneben steht das Zweimotoren-Verkehrsflugzeug „Jabiru", Abb. 18, das in Frankreich besonders bekannt ist, aber wegen des ungewöhnlich großen Verhältnisses zwischen Tiefe und Breite der Flügel, wegen des geschmacklosen Flügelumrisses, dann aber auch wegen der großen Stirnprojektion des ungewöhnlich hohen Rumpfes und der dicht anliegenden Motorengondeln besonders plump wirkt. Das ausgestellte Flugzeug unterscheidet sich von dem siegreichen des Grand Prix des Avions de Transport und der Coupe Lamblin dadurch, daß hier zwei 400 PS-Lorraine-Motoren und nicht mehr vier 180 PS-Hispano-Suiza-Motoren eingebaut sind. Seine Geschwindigkeit von über 200 km/h bei 2 t Nutzlast und 5,2 t Gesamtgewicht ist für ein so großes Verkehrsflugzeug immerhin beachtenswert und bei der massigen Bauart überraschend hoch. Der Fahrgastraum ist sehr schmal. Nebeneinander stehen zwei Sessel; dazwischen ist ein Mittelgang. Der Führer sitzt über dem Tragflügel hinter der Flügelvorderkante. Sicheres Landen dürfte einige Geschicklichkeit voraussetzen.

Noch schwieriger dürfte es jedoch der Führer des Latécoère-Flugzeuges LAT 16, Abb. 19, haben, bei der Landung Bruch zu vermeiden, da er weit vor der Flügelvorderkante sitzt. Er hat allerdings vorzügliche Sicht, aber er befindet sich hoch über den Rädern, ohne den Flügel zu sehen, der ihm die Neigung seines Flugzeuges gegen den Horizont angeben könnte. Das Flugzeug ist für Post- und Kurierverkehr gedacht. Es ist ein Ein-

Abb. 17. Farman BN 4, 1000 PS-Bombenflugzeug. Vier 500 PS-Farman-Motoren, 35 m Spannweite, 4500 kg Nutzlast. Die Größenverhältnisse zeigt der Mann in der Rumpfspitze.

decker, dessen freitragender Flügel dem des ersten Junkers-Eiseneindeckers sehr ähnlich sieht. Der Rumpf ist teils mit Aluminiumblech und teils mit Stoff bekleidet und bietet vier Personen Raum. Mit dem 400 PS-Lorraine-Motor werden 185 km/h erreicht.

Demgegenüber befördert das deutsche Focke-Wulf-Kabinenflugzeug vier Fahrgäste bei 140 km/h mit einem nur 75 PS starken Siemens-Sternmotor, und die Udet-Limousine mit drei Fahrgästen erreicht bei Verwendung eines 100 PS-Siemensmotors 170 km/h, wobei die Leistungsbelastung das Anderthalbfache der französischen beträgt. Die Überlegenheit dieser deutschen Verkehrflugzeuge wird auch vom Ausland anerkannt.

RZ29Z18

Abb. 18. Verkehrsflugzeug Farman-„Jabiru“ mit 179 km/h mittlerer Geschwindigkeit. Nutzlast 2000 kg. Zwei 400 PS-Lorraine-Motoren.

Latécoère zeigt ferner ein Zweimotoren-Flugzeug LAT 15 für den Luftdienst nach Marokko, Abb. 20, das im Aufbau dem Farman-Jabiru fast gleich ist. Die Bauformen sind jedoch wesentlich geschmackvoller; der Flügel hat Duraluminholme mit Stahlrohrverbindern, Holzrippen und Stoffbespannung und liegt baldachinartig in angemessenem Abstand über dem ovalen, stromlinienrechten Rumpf. Der Flügel ist rechteckig mit durchgehendem Profil 4 C des Service Technique und normalem Seitenverhältnis. Um die Motoren möglichst nahe an das Widerstandsmittel heranzubringen, ist man aber so weit gegangen, daß der abfließende Schraubenstrahl gestört werden dürfte. Besonders wohl aus diesem Grunde hat man neuerdings Druckschraubenantrieb vorgezogen. Die beiden 220 PS-Lorraine-Motoren ruhen auf Stahlrohrböcken über den Enden eines am Rumpf angesetzten Flügelstumpfes, der die Knotenpunkte der Fahrgestellstreben, der vier Flügelstützen und der Motorlagerung gut verkleidet. Der Rumpfvorderteil bis hinter die Kabine ist aus Duraluminblech als tragender Außenhaut gebaut, während dahinter Duraluminrohre das Rumpfgerüst bilden, das mit Stoff bezogen wird. Das Fahrgestell ist in zwei selbständige Rädergruppen aufgeteilt, die unmittelbar unter den Motoren liegen. Die hintere Dämpfungsfläche kann man vom Führersitz aus auch während des Fluges nach der Belastung verstellen. Geschwindigkeit 180 km/h, Gipfelhöhe 4500 m, Nutzlast 940, Gesamtgewicht 3100 kg. Statt der Räder können Duraluminschwimmer eingebaut werden, wobei sich die Nutzlast auf 1000 kg erhöht.

Abb. 21 zeigt die Ausführung LAT 17 mit 300 PS-Renault-Motor für 1900 kg Gesamtgewicht.

Zu den mittleren Verkehrsflugzeugen zählt auch der Transporteindecker Dewoitine D 14 mit 450 PS-Hispano- oder 500 PS-Salmson-Sternmotor. Der zweiholmige Tragflügel von 18,8 m Spannweite ist wie der Rumpf ein mit Stoff bekleidetes Holzgerüst. Nur das Fahrgestell aus Duraluminrohren mit Stahlknotenpunkten und die Rumpfspitze bestehen aus Metall. Der Motorunterbau ist abnehmbar, so daß man die ganze Kraftanlage schnell auswechseln kann. Bevorzugt werden 450 PS-Lorraine-Motoren. Die mit großen Fenstern versehene Kabine hat Raum für vier Fahrgäste. Die Steuerruder sind ausgeglichen, die Dämpfungsflächen im Fluge verstellbar. Der Führer sitzt in Höhe der Flügelvorderkante neben der Mittelachse des Rumpfes.

Der Dewoitine-Jagd-Einsitzer D 15 C 1 ist ein Anderthalbdecker, eine seit Nieuport für Jagdflugzeuge in Frankreich bevorzugte Bauart, ganz aus Metall mit 450 PS-Hispano-Motor. Der Rumpf ist aus vier Längsholmen zusammengesetzt und mit Duraluminrohren versteift, die in geschweißte Stahlrohrecken eingesetzt werden. Die Zwischenfelder sind diagonal mit Draht verspannt. Zwei N-Stiele aus stromlinienrechten Duraluminrohren auf den oberen Rumpfholmen tragen den Oberflügel, der von zwei rechteckigen Hälften gebildet wird und dessen kastenförmige Holme wie die aus Rohren gebauten Rippen aus Duralumin bestehen. Das Profil bleibt über die ganze Flügelbreite gleich. Ähnlich ist der Unterflügel gebaut. Das von zwei V-Streben gebildete Fahrgestell zeigt wieder profilierte Duraluminrohre. Zwei Vickers-Maschinengewehre liegen im Rumpf, zwei Darne-Maschinengewehre auf dem Oberflügel. Zu jedem Gewehr gehören 5000 Patronen. Spannweite 12 m, Fluggewicht 1535 kg.

Der Dewoitine D 9 ist aus dem Jagdflugzeug D 1 C 1 entstanden und unterscheidet sich von diesem dadurch, daß ein luftgekühlter 400 PS-„Jupiter“-Sternmotor statt des 300 PS-Hispano-Suiza eingebaut wird. Dieser Schirm-Eindecker hat geteilte Flügel und besteht ganz aus Metall. Zwei Kastenholme von veränderlicher Höhe bilden die Träger gleicher Festigkeit. Der Rumpf ist schalenartig und besteht aus vier Hauptlängsträgern und einigen Hilfsholmen, Haupt- und Nebenringen als Spanten und Blech als Außenhaut. Baustoff ist Duralumin. Der Motorunterbau ist mit dem Motor und der Rumpfspitze vereinigt und mit vier Bolzen am Rumpf befestigt. Die abnehmbare Rumpfspitze, die den Motor womöglich mit allem Zubehör enthält, scheint das Ziel der nächsten Entwicklung zu sein und ist auch bei uns in Deutschland längst bekannt. Sie wird besonders einfach bei Motoren mit sternförmig angeordneten Zylindern, weil man dann wegen der kurzen Motorlänge einfach den Brandspant als Motorträger ausbilden kann.

Auch Descamp betont die schnelle und einfache Auswechselbarkeit der Motorgruppe. Sein Aufklärungs-Anderthalbdecker besteht bis auf die Stoffbespannung ganz aus Metall und ist insofern bemerkenswert, als an keiner Stelle Kabel oder Drähte verwendet werden. Der Oberflügel ist leicht rückwärts gestaffelt und V-förmig gegen die Wagerechte, während der Unterflügel eben ist. Das Rumpfgerüst

Abb. 19. LAT 16. Postflugzeug mit freitragendem Flügel.

11,84
3,00
3,31
1,73
RZ29Z19-21

Abb. 20. LAT 15. Zweimotoren-Verkehrflugzeug.

9,60
2,65
3,17

Abb. 21. LAT 17. Schnelles Postflugzeug.

Abb. 19 bis 21. Latécoère-Flugzeuge.

Abb. 22. 450 PS-Lorraine-Dietrich-Motor mit Motorenunterbau von Henry Potez, zusammen auswechselbar.

Baustoff: Duralumin und stahlbewehrte Befestigungsösen. Man sieht den Druckluftanlasser (Verteiler), die beiden Brennstoffpumpen und den festangebauten Kühler.

Abb. 23. Fahrgestell von Henry Potez. Man beachte die Anlenkpunkte für den abnehmbaren Motorunterbau (Abb. 22).

besteht aus Duraluminrohren, die Verschalung ist abnehmbar. Die beiden Räder werden wie bei Albatros verkleidet und sind voneinander unabhängig. Für Entfernungsflüge bis zu 2000 km können Hilfstanks eingebaut werden. Bodengeschwindigkeit 215 km/h, Gipfelhöhe 7000 m, Motor 400 PS-Lorraine-Dietrich.

Verkleidete, voneinander unabhängige Räder hat auch der 800 PS-Doppeldecker von L i o r é & O l i v i e r, Type 12 Bn 2. Er ist als Großtransport-Flugzeug für Militär und Verkehr gedacht und ganz bewußt auf gerade Linie konstruiert. Daraus ergibt sich eine große Einfachheit und bei klaren, nicht unschönen Bauformen ein niedriger Preis. Auch hier besteht alles aus Duralumin bis auf die Stoffbespannung. Die Zelle ist rechteckig mit 2 × 3 Stielen zwischen den zweiholmigen Flügeln. Die Holme sind kastenförmig, die Rippen aus U-Profilen, der Rumpf und die Motorgondeln aus Rohren zusammengesetzt. Die beiden 400 PS-Lorraine-Motoren liegen unmittelbar über den Rädern auf dem Unterflügel. Alle Dämpfungsflächen sind vom Führer nachstellbar, was den Flug mit nur einem Motor oder mit veränderlicher Last erleichtert.

Das Wasserflugzeug LeO H 13 mit zwei 180 PS-Hispano-Motoren ist ein Doppeldecker für Verkehrzwecke und bereits seit längerer Zeit im Luftdienst. Der Rumpf ist als schalenartig verkleidetes Flugboot ausgebildet, dessen Sicherheit durch je einen Hilfsschwimmer unter den unteren Flügeln erhöht wird. Die beiden Motoren hängen am Oberflügel und liegen reichlich hoch über dem Widerstandmittel.

Für den Verkehr über das Mittelmeer hat S c h r e c k seinen FBA-Amphibe 19 HMT 2 entworfen, der auch als Schulflugzeug mit Doppelsteuer und 150 PS-Hispano-Motor geliefert wird. Als Verkehrflugzeug wird er mit dem 180 PS-Hispano ausgerüstet und kann als Zweisitzer vier und als Dreisitzer zwei Stunden in der Luft bleiben.

Eine Besonderheit sieht man bei T a m p i e r, der für den Transport seiner Flugzeuge die Räder unter Vermittlung von Zwischenwelle und Ausgleichgetriebe mit einem Hilfsmotor antreibt. Der gleiche Motor dient auch zum Anwerfen des Hauptmotors.

Bei Henry P o t e z sah man einen Schul- und Reisedoppeldecker, dessen ausgezeichnete Steuerfähigkeit auch Kunstflüge ermöglicht. Er ist mit einem luftgekühlten 60 PS-Anzani-Sternmotor ausgerüstet. Den Bombendoppeldecker 19 hat Potez zwar nicht ausgestellt, er be-

Abb. 24. Ganzmetall-Eindecker von Schneider-Creusot mit zwei 400 PS-Lorraine-Motoren und sechs Maschinengewehren.
Geschwindigkeit in 5000 m Höhe 220 km/h. Gipfelhöhe 7000 m. Der sich nach hinten stark verjüngende Doppelrumpf ergibt ein vorzügliches Schußfeld.

weist aber, wie sehr der Großflugzeugbau im Ausland unter deutschem Einfluß steht. Sogar die Ausbildung des doppeldeckerartigen Höhensteuers hat man übernommen. Kennzeichnend dafür, wie der deutsche Flugzeugbau Schule macht, ist die auch hier festzustellende starke Zunahme der Verwendung des Duralumins.

Auch Potez baut eine abnehmbare Motoranlage, Abb. 22, die sich für verschiedene Typen und Leistungen eignet. Bei diesem Motorvorbau aus Duralumin sind die besonders beanspruchten Gelenkpunkte und Gurte durch Stahlteile verstärkt. Beachtung verdient auch das Fahrgestell, Abb. 23, dessen vordere Streben teleskopartig ineinandergeschoben sind und statt der üblichen Gummizüge Kautschukstangen enthalten; diese werden auf Druck beansprucht und sollen größere Haltbarkeit versprechen.

Besonders anziehend wirkte das Ganzmetall-Großkampfflugzeug von Schneider-Creusot, Abb. 24, ein zweimotoriger Eindecker ganz aus Metall einschließlich der Bepannung. Mit wenigen Ausnahmen ist der Baustoff Alferium, eine neue Leichtmetallegierung der Firma, ähnlich dem Duralumin. Die auf Flügelmitte angebrachte Hauptgondel aus gewelltem Alferiumblech ist vierkantig. Zwei Seitenrümpfe, die schalenartig verkleidet sind, tragen an der Spitze die beiden 400 PS-Lorraine-Dietrich-Motoren und laufen nach hinten stark kegelig zu, damit das Schußfeld größer wird. Zwischen den beiden Rumpfenden liegen die wagerechte Leitfläche und das Höhenruder, beiderseits begrenzt durch die senkrechten Dämpfungsflächen und die Seitenruder. Die Mittelgondel ist so in den Flügel eingebaut, daß die Holme nicht unterbrochen werden; sie enthält den Führersitz, den Raum für den Kommandanten und zwei Schützen. Alle Steuerzüge sind starr, Drähte und Kabel sind peinlich vermieden. Die Fahrgestelle liegen unter jedem Motor; die Räder sind durch weit herabgezogene Verschalung günstig verkleidet. Die Wirkungsweise der Stoßdämpfung geht aus Abb. 25 und 26 hervor.

Hinter jedem Fahrgestell liegen in den Rümpfen die Tanks für Betriebstoffe. Funkentelegraphie und Photoeinrichtung sind vorhanden. Die Bewaffnung besteht aus 2 × 3 Maschinengewehren. Gesamtspannweite 18,5 m, Gesamtlänge 11,7 m, Nutzlast 1000 kg, Gesamtgewicht 3650 kg, Geschwindigkeit in 5000 m Höhe 220 km/h, Gipfelhöhe 7000 m. Das Flugzeug erinnert an den Staakener Rohrbach-Eindecker. Auch die Anwendung zweier Rümpfe ist nicht neu. Gewelltes Blech für die Flügelbespannung ist bei Junkers schon seit Jahren üblich. Bemerkenswert

Zahlentafel 1. Flugzeuge auf der 9. Pariser Luftfahrt-Ausstellung.

Flugzeug	Bauart	Motor	Leistung PS	Spannweite m	Länge m	Höhe m	Flächeninhalt m²	Leergewicht kg	Gesamtgewicht kg	Flächenbelastung kg/m²	Leistungsbelastung kg/PS	Flächenleistung PS/m²	Ausführung
Schulflugzeuge: Zweisitzer													
Caudron 127	Doppeldecker	Rhône	80	12	8,3	2,83	34,5	513	790	22,8	9,9	2,3	Holz
Hanriôt 34	Eindecker	„	80	11,4	6,96	—	22	396	646	29,0	8,0	3,6	gemischt (Parasol)
Morane-Saulnier 36	„	„	80	10,56	6,76	3,6	18	450	700	38,8	8,7	4,4	Holz (Parasol)
Caudron 59	Zweidecker	Hispano	180	10,24	7,8	2,7	26	700	1000	38,4	5,5	6,9	Holz
Hanriôt 19	„	„	180	9,19	7,2	—	26,7	660	950	34,5	5,27	6,7	Holz
Morane-Saulnier 43	„	„	180	10,82	7,98	3,1	28,5	800	1120	40,0	6,2	6,3	Holz
„ „ 50	Eindecker	Salmson	120	11,7	7,65	3,1	24,0	600	860	35,8	7,1	5,0	gemischt (Parasol)
„ „ 51	„	Hispano	180	11,7	7,98	3,1	24,0	740	1060	44,1	5,8	7,5	gemischt (Parasol)
Reiseflugzeuge: Zweisitzer													
Caudron 168	Zweidecker	Anzani	70	9,0	6,13	2,42	20,0	323	549	27,0	7,8	3,5	Holz (Klappflügel)
Potez 8	„	„	70	8,0	5,72	2,50	20,0	270	480	24,0	7,0	3,5	gemischt
Tampier	„	Clerget	130	10,5	7,0	2,50	22,5	540	730	32,5	5,5	5,75	Holz (Klappflügel)
Verkehrflugzeuge:													
Nieuport 38	Zweidecker	Hispano	180	10,9	8,11	3,46	40,3	850	1250	35,0	6,25	4,4	Holz
Latécoère 15	Eindecker	Lorraine	2 × 270	18	11,9	3,3	54,0	1700	3100	57,0	5,7	10,0	gemischt
„ 16	„	„	400	17,8	12,8	3,5	48,0	1750	2500	52,0	6,25	8,3	gemischt
„ 17	„	Renault	300	14,7	9,6	3,62	36,8	1150	1900	51,6	6,3	6,3	gemischt
Dewoitine D 14	„	Lorraine	450	18,8	12,2	3,35	45,0	1700	2800	62,2	6,2	10,0	Holz
Farman-„Jabiru“	„	„	2 × 400	19	13,7	4,48	81,0	3200	5200	63	6,5	9,8	Holz
Kampfeinsitzer:													
Fokker D XIII	1½-Decker	Napier-Lion	450	—	—	—	27,8	—	1550	55,7	3,44	16,2	Metall
Blériot-Spad 81	Zweidecker	Hispano	300	9,61	6,4	—	30,0	839	1259	41,6	4,1	10	gemischt
Dewoitine D 1	Eindecker	„	300	11,5	7,5	2,7	20,0	820	1240	62	4,15	15	Metall
„ D 9	„	Jupiter	400	10,85	6,9	2,81	20,0	815	1290	64,5	3.25	20	Metall
Gourdou-Leseurre	„	Hispano	180	9,6	6,43	—	18,8	660	960	51,6	5,3	9,7	
Potez 26	Zweidecker	Lorraine	450	12,0	7,65	3,15	32,00	1100	1550	48	3,4	14	gemischt
Blériot-Spad 61	„	„	450	9,61	6,6	—	30,0	1012.5	1522.5	50,7	3,45	15	gemischt
Dewoitine D 15	1½-Decker	Hispano	450	12,0	7,4	3.25	30,0	1045	1535	51,1	3,4	15	Metall
Nieuport-Delage 42 C 1	„	„	450	12,0	7,5	3,00	26,65	1230	1730	65,6	3,6	17,1	gemischt
Hanriôt 31	Zweidecker	Salmson	500	11,0	7,58	3,62	34,00	—	1610	48,8	5,3	9,0	gemischt
Blériot-Spad 51	Doppeldecker	Jupiter	400	9,47	6,45	—	26	791.0	1276.5	52,6	2,7	15,4	gemischt
Nieuport-Delage 42 C 2	1½-Decker	Hispano	490	12	7,5	3	32,7	1250	1940	59,7	4,04	14	gemischt
Armstrong-„Siskin“	Doppeldecker	Siddeley-„Jaguar“	400	8,6	6,55	2,9	23,05	—	1126	48	—	—	gemischt
Beobachtungs- und Bombenflugzeuge:													
Bréguet 19	1½-Decker	Renault	480	14,83	9,51	3,34	50	1270	—	—	—	—	Metall
Caudron 99	Zweidecker	Lorraine	400	—	—	—	44	—	2000	45,5	5,0	9,1	Holz
Farman A 2	1½-Decker	Farman	500	15	10,5	3,4	52	1500	2500	48,1	5,0	10,4	Holz
Potez 25 A 2	Zweidecker	Lorraine	450	14	9	3,5	46	1230	1945	42	4,3	10,2	gemischt
Tampier T 4	„	Hispano	300	11,51	8,87	3,5	44	—	1600	44,5	5,4	14,7	Holz } Hilfsmotor für Selbstfahrt
„ T 3	„	„	300	14	9,1	2.96	42	—	1600	42,5	5,4	14	Holz } Hilfsmotor für Selbstfahrt
Lioré & Olivier 12	„	Lorraine	2 × 400	23,5	13,1	4,1	118	3041	4571	38,2	5,72	14,7	Metall
S E C M Bn 2	„	Renault	550	19,3	12,5	3,8	78	1600	3040	39,0	5,4	14,0	Metall
Koolhoven F K 31	Eindecker	Jupiter	400	13,75	7,8	3,1	—	1050	1760	—	—	—	Metall
Großkampfflugzeuge:													
Schneider 10	Eindecker	Lorraine	2 × 400	18,5	11,7	3,3	57	2650	3650	64,0	4,57	14,0	Metall

Abb. 25 und 26. Fester und beweglicher Teil des Fahrgestells des Schneider-Flugzeuges (Abb. 24).

a Ösen zur Befestigung der Gummizüge. *b* Gleitbahnen. *c* Angriffsfläche der Gummizüge. *d* Radachse.

sind die saubere und geschickte Werkstattarbeit sowie das vorzügliche Schußfeld des Flugzeuges.

Weitere, hier nicht beschriebene Flugzeuge der Ausstellung sind in der Zahlentafel 1 angegeben. Bei den Schulflugzeugen herrscht der Holzbau vor. Mit Motoren über 150 PS dienen sie zur weiteren Fortbildung der Flugschüler, und die gemischte Bauart nimmt zu. Bei vier Flugzeugen werden luftgekühlte Motoren eingebaut, darunter ein Sternmotor und drei Umlaufmotoren, wovon man in Frankreich nicht freikommt.

Die zweisitzigen Reiseflugzeuge haben sämtlich luftgekühlte Motoren, darunter einen Umlaufmotor. Zwei Flugzeuge haben rückklappbare Flügel. Bei den Verkehrflugzeugen halten die gemischte Bauweise und die Ausführung in Holz einander die Wage. Der Eindecker beherrscht fast allein das Feld. Bei höheren Motorleistungen (bis 800 PS) neigt man dazu, die Kraftquelle zu teilen.

Unter den Kampfeinsitzern treten die ersten Ganzmetallkonstruktionen auf. Die Motorleistungen liegen zwischen 400 und 500 PS. Vier Maschinengewehre sind üblich. Obwohl die gemischte Bauart noch vorherrscht, drängt doch die Entwicklung nicht zuletzt wegen der Brandsicherheit sehr stark zum Metallbau. Der Doppeldecker behauptet sich hier sehr zähe, besonders wegen der vorzüglichen Eignung für Kunstflüge. Die Rümpfe sind aerodynamisch gut durchgearbeitet und haben fast durchweg schalenartige Außenhaut. Im allgemeinen Aufbau herrscht noch unsicheres Tasten nach der endgültigen Form.

Bei den Beobachtungs- und Bombenflugzeugen zieht man den Metallbau vor. Die Motorleistungen steigen bis zu 1000 PS. Großkampfflugzeuge von der Bauart Schneider-Creusot müssen ihren militärischen Wert noch beweisen und dürften selbst bei bestem Schußfeld den kleinen schnellen Kampfeinsitzern gegenüber einen schweren Stand haben.

Wasserflugzeuge waren ziemlich spärlich vertreten, und es scheint, daß auch hier die Entwicklung noch weite Wege vor sich hat, bis Landung und Zuwassergehen mit einfachen Mitteln gleich gut gelingen. Jedenfalls zeigen einige Bauarten, daß eine solche Lösung gesucht wird.

Von den Kleinflugzeugen machte die Avionette Pander baulich einen ausgezeichneten Eindruck. Vor allem vermeidet sie das niedrige Fahrgestell, das bei der großen Spannweite des Dewoitine-Eindeckers leicht zu Flügelschäden führen kann. [B 29]

Messung mechanischer Schwingungen.

Preisausschreiben des Vereines deutscher Ingenieure für eine kritische Untersuchung der bekannt gewordenen Verfahren[1]).

1. Stellung der Aufgabe.

Über Verfahren zur Messung mechanischer Schwingungen liegen außerordentlich viele Arbeiten vor, die einerseits mit der Entwicklung der Akustik zusammenhängen, anderseits durch die Vervollkommnung der seismometrischen Verfahren angeregt worden sind. Ferner kommen zur Schwingungsaufzeichnung die in der Physiologie und Biologie entwickelten Verfahren in Betracht. Das gesamte hierhin gehörige Schrifttum ist verhältnismäßig leicht zugänglich. In Betracht kommen hauptsächlich als Quellensammlungen:

1. Handbuch der Physik von Winkelmann,
2. Vorlesungen über Seismometrie von B. Galitzin,
3. Handbuch der physiologischen Technik von Tigerstädt, Bd. I T. 4 S. 1.
4. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden von Abderhalden, Abt. V TI Lfg. 23.

Namentlich auf die seismometrischen Verfahren gehen die bisherigen Versuche zurück, maschinentechnisch brauchbare Schwingungsapparate zu schaffen. Hierher gehört unter anderem der Pallograph von Schlick und der Vibrograph und Torsiograph von Geiger, ferner sind die zahlreichen Torsionsindikatoren zu berücksichtigen, über die P. Nettmann eine ausführliche Monographie verfaßt hat, sowie die stroboskopischen und kinematographischen Verfahren.

Weitere wertvolle Arbeiten über mechanische Schwingungsmeßfragen findet man in dem überaus reichhaltigen Schrifttum der allgemeinen Erschütterungsstörungen und der Bauakustik. Dieses ist zu einem erheblichen Teil in den Abschnitten 106 und 107 der Technischen Schwingungslehre von W. Hort, 2. Auflage, angegeben, ferner in Alec. B. Eason „The Prevention of Vibration and Noise", London, Henry Frowde and Hodder & Stoughton, The Langet Building, 1 Bedford Street, Strand, W. C. 2.

Neuerdings sind einige Meßverfahren entwickelt worden, die kleine elektrische Effekte zur Sichtbarmachung von Schwingungsvorgängen benutzen, so z. B. G. Schmaltz „Über ein neues Verfahren zur Registrierung kleiner Schwingungen", „Maschinenbau" Bd. 3 (1924) H. 18 S. 639 und H. A. Thomas „Präzisionsgerät für kleine Bewegungen fester Körper", „The Engineer" Bd. 135 (1923) S. 137.

[1]) Vergl. S. 445 dieses Heftes.

In das Gebiet der mechanischen Schwingungsmessungen gehört auch die weit entwickelte Indikatorentechnik und die Messung von Dehnungen und Spannungen an laufenden Maschinen, (Apparate von Fränkel, Leuner, Okhuizen, Mesnager, Geiger).

Das Gebiet der mechanischen Schwingungsverfahren ist an der Hand der Originalarbeiten kritisch zu bearbeiten in bezug auf die praktische Brauchbarkeit der einzelnen Verfahren für Messungen einerseits im Laboratorium, anderseits im Betriebe an Maschinen und Fahrzeugen oder auf der Baustelle. Im besondern ist darzulegen, welche Verfahren für die in der Technik vorkommenden Fälle mechanischer Schwingungen wichtig sind, ohne daß bisher geeignete Meßgeräte dafür vorliegen.

Den Darlegungen ist ein möglichst umfassendes, planmäßig zusammengestelltes Verzeichnis des vorhandenen Originalschrifttums mit vollem Verfassernamen, Stand, Quelle usw., wie in der wissenschaftlichen Bibliographie üblich, anzufügen.

2. Formale Anforderungen.

Die Arbeit ist in geschlossenem Umschlag mit der Aufschrift „Preisausschreiben über Schwingungsmeßverfahren" bis zum 1. Mai 1926 an die Geschäftstelle des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a, einzureichen.

Die Arbeit ist mit einem Kennwort zu versehen. In einem geschlossenen Umschlag, dessen Aufschrift das gleiche Kennwort zeigt, ist der Name, Stand und Wohnort des Einsenders anzugeben. Es werden auch Arbeiten zugelassen, die von mehreren Bearbeitern unter gemeinsamem Kennwort eingereicht werden. Im Begleitschreiben sind in diesem Falle die Namen usw. sämtlicher Bearbeiter zu nennen. Als Bearbeiter kommen nur Reichsdeutsche oder Deutschösterreicher in Betracht.

3. Preise.

An Preisen werden insgesamt 5000 ℳ ausgesetzt, und zwar: Erster Preis 3000 ℳ, zwei weitere Preise zu je 1000 ℳ.

Das Preisgericht besteht aus dem Vorsitzenden des Wissenschaftlichen Beirates, Geh. Baurat Dr.-Ing. eh. Lippart, als Obmann, dem Obmanne des Ausschusses für Schwingungen, Professor Dr. Hort, Berlin, und Direktor Hahnemann, Kiel.

Das Verlagsrecht der preisgekrönten Arbeiten geht mit der Zuerkennung des Preises an den Verein deutscher Ingenieure über. Der für derartige Arbeiten übliche Schriftsold wird gesondert gezahlt. [N 320]

Der See- und Bergungsschlepper „Seefalke“.

Von Dipl.-Ing. F. Hillebrand und Ing. E. Müller. Oberingenieure der Joh. C. Tecklenborg A.-G., Bremerhaven-Geestemünde.

Beschreibung der Schiffseinrichtungen und der Maschinenanlagen — Probefahrtergebnisse.

Die drahtlose Telegraphie ermöglicht es den in Seenot befindlichen Schiffen andere, selbst weit entfernte Schiffe zu ihrer Hilfe herbeizurufen. Für diese Hilfeleistung kommen vor allem die an den Küsten stationierten Bergungsschlepper in Betracht, die ständig die erforderlichen Berggeräte und -maschinen an Bord führen und auf einen Funkruf hin unter sachkundiger Leitung sofort ans Werk gehen können.

Um die ihnen gestellte Aufgabe bei jedem Wetter erfüllen zu können, müssen diese Bergungsschlepper vor allen Dingen seetüchtig, unbedingt betriebsicher, schnell und von hoher Manövrierfähigkeit sein. Zum andern ist bei der Konstruktion derartiger Schiffe die Forderung zu erfüllen, daß sie bei ständiger Fahrtbereitschaft, wenig Betriebsunkosten verursachen. Im Hinblick auf die bezüglich der Wirtschaftlichkeit durch den Dieselmotorenantrieb gebotenen Vorteile ließ die Reederei W. Schuchmann, Geestemünde - Cuxhaven-Hamburg, ihren neuen Seeschlepper „Seefalke“ von Joh. C. Tecklenborg, A.-G., Geestemünde-Bremerhaven, als Doppelschrauben-Motorschlepper erbauen, s. Titelbild und Abb. 1 bis 7.

Doppelschraubenschlepper von 55,5 m Länge und 9 m Breite mit zwei Sechszylinder-Dieselmaschinen für 2400 PS_e bei Aufladung.

Die Schleppversuchsergebnisse.

Die zur Prüfung der von dem Schiff bei verschiedenen Maschinenleistungen erwarteten Geschwindigkeiten in der Hamburgischen Schiffbauversuchsanstalt mit dem Modell eines Schiffes von 51 m Länge zwischen den Loten, 8,7 m Breite, 5,20 m Seitenhöhe und einem mittleren Tiefgang von 4,04 m angestellten Schleppversuche zeigten, daß es wünschenswert war, die vorgesehene Länge und Breite zu vergrößern, um einen für größere Geschwindigkeit geeigneten schärferen Schiffskörper zu erhalten. Man wählte hiernach 55,5 m Schiffslänge, 9 m Schiffsbreite und eine um 80 t größere Verdrängung mit Rücksicht auf das durch die Verlängerung des Schiffes vergrößerte Schiffseigengewicht und die Vermehrung des Ölvorrates.

Durch die Verlängerung wurde der Geschwindigkeitsgrad $\frac{v}{\sqrt{L}}$ soweit verkleinert, daß von dem Schiff bei normaler Maschinenleistung 15 Kn, bei verstärkter Maschinenleistung eine höhere Geschwindigkeit erwartet werden konnte.

Abb. 8 und 9 enthalten die Ergebnisse der Modellversuche. Die Probefahrt mit 15 Kn Geschwindigkeit bestätigte hinsichtlich der Maschinenleistungen und Schraubenumdrehungen die Versuchsergebnisse.

Schiffskörper und -einrichtungen.

Mit der als wünschenswert festgestellten Länge von 55,5 m und Breite von 9 m ist der Schlepper ausgeführt worden. Die Verbände sind nach den Bauvorschriften des Germanischen Lloyd für die höchste Klasse

✠ 100 $\frac{A}{4}$ (E)

gewählt, Abb. 10 und 11. Die Vorschriften der Seeberufsgenossenschaft sind berücksichtigt.

Verbände.

Um einen möglichst widerstandfähigen Schiffskörper zu erhalten, hat man auf die Anordnung und Ausführung der Verbände besonderen Wert gelegt. Der Vorsteven, Balkenkiel und Rudersteven sind durch gehobelte Laschen miteinander verbunden.

Die Spantenentfernung ist im Vorschiff kleiner als im übrigen Teil gewählt worden. Innerhalb des Maschinenraumes sind Rahmenspanten eingebaut worden. Die Bodenwrangen und Längsträger unter den Haupt- und Hilfsmaschinen sind mit Rücksicht auf die Festigkeit so hoch und kräftig wie möglich ausgeführt und als Zellen für Öl und Wasser ausgebildet. Die Kimmenkielschweine sind zur Versteifung des Wasserlinienganges möglichst hoch an die Wasserlinie herangeführt und am Vorsteven durch eine starke Knieplatte miteinander verbunden worden. Sechs Schotte dienen u. a. zur Erhöhung der Querfestigkeit.

Die Außenhautplatten sind im Vorschiff dicker gewählt worden, als vom Germanischen Lloyd für die Eisverstärkung vorgeschrieben ist. Die Platten im Bereiche der Wasserlinie sind auf der ganzen Schiffslänge 14 mm dick ausgeführt. Das im Vorschiff eingebaute Zwischendeck dient als weitere Versteifung dieses Plattenganges.

Über die ganze Schiffslänge erstreckt sich ein vollbeplattetes Eisendeck, das mit Kiefernholzplanken und über den Ölbunkern mit Steinholz belegt ist, wodurch besonders im Winter das Arbeiten an Deck erleichtert wird.

Anhänge.

Die Wellenaustritte bestehen aus geflanschten Platten mit aufgesetzten Verstärkungsringen. Die Wellenböcke aus Stahlguß können ausgewechselt werden, ohne daß Außenhautplatten loszunehmen sind. Die Schlingerkiele wurden mit Rücksicht auf die durch sie hervorgerufene Widerstandvermehrung ziemlich kurz gehalten.

In Deckhöhe wurde ein zwischen kräftigen Winkeln befestigtes Bergholz angebracht und an seiner Außenseite

mit Flacheisen versehen. Das in üblicher Form ausgebildete Einplattenruder hat einen geschmiedeten Schaft mit aufgeschrumpften Armen erhalten.

Hilfsmaschinen für Schiffsbetrieb.

Ruderquadrant und Ruderleitung liegen geschützt unter Deck. Die Rudermaschine wird von einem wasserdicht gekapselten Elektromotor von 8,8 kW Leistung angetrieben, der sowohl von der oberen als auch von der unteren Kommandobrücke aus durch eine Richtungsweiserleitung gesteuert werden kann. Als Aushilfe für die Rudermaschine dient ein Handsteuerapparat im Ruderhaus auf der Brücke.

Den Raum, in dem sich der Ruderquadrant befindet, kann man von Deck aus durch ein wasserdicht verschließbares Mannloch oder bei schlechtem Wetter durch eine verschließbare Öffnung im Schott auf Spant 5 vom Mannschaftsraum aus betreten.

Der Raum für Bergegeräte zwischen Spant 13 bis 25 ist mit Tannenholzlatten gewegert und enthält folgende Pumpen: eine fahrbare große Bergepumpe mit Antrieb durch Benzinmotor, zwei fahrbare kleine Bergepumpen mit elektrischem Antrieb und zwei fahrbare große Bergepumpen mit elektrischem Antrieb.

Diese Pumpen fördern 1700 m³/h Wasser bei 15 m Gesamtförderhöhe. Die Pumpenschläuche und Rohre sind ebenfalls im Bergungsraum untergebracht, der außerdem eine Taucherausrüstung und weiteres reichhaltiges Ber-

Abb. 1 bis 7. See- und Bergungsschlepper „Seefalke".

a Kapitän
b Messe
c Küche
d Gebläsemaschine
e Rudermaschine
f Ruderhaus
g Kartenzimmer
h F.-T.-Raum
i Funkpeiler
k Proviantraum
k_1 Gemüse
k_2 Kartoffeln
k_3 Konserven
l Antriebmotor für die Ankerwinde
m 2 Assistenten und 1 Elektriker
n 3 Telegraphisten
o I. Steuermann
p II. Maschinist
q Inspektor
r I. Maschinist
s II. Steuermann und Taucher
t III. Maschinist
m_1 50 kW-Dynamo
m_2 75 kW-Dynamo und Hilfskompressor
m_3 20 kW-Dynamo
m_4 Heizkessel
m_5 Umformer
m_6 Schalttafel
m_7 Ballastpumpe
m_8 Brennstoff-Tagespumpe
m_9 Anlaßflaschen
m_{10} Brennstoff-Übernahmepumpe
m_{11} Notkompressor
m_{12} Schmierölpumpe
m_{13} Kühlwasserpumpe
u Öl
v Bergungsgeräte
w Antriebmotor für Heckwinde
x Koch und Steward
y 4 Matrosen
z_1 Vorpiektank, 15 t
z_2 Frischwasser, 10 t
z_3 Kesselspeisewasser, 8 t
z_4 Schmieröl } 4 t
z_5 desgl. }
z_6 Trimmtank

Abb. 9. Schleppversuchsergebnisse des Modells mit Schraube für das Bergeschiff „Seefalke".

Abb. 10. Schnitt durch den Ölbunker, Spant 32, von vorn gesehen.

Abb. 8. Versuche mit freifahrenden Modellpropellern.

Abb. 11. Schnitt durch den Motorenraum, Hauptspant, von hinten gesehen.

gegerät enthält. Durch eine große Luke können die Bergemaschinen und -geräte an Deck geschafft werden.

Unter der Back im Vorschiff ist ein schweres Anker- und Bergespill aufgestellt worden, dessen eine Seite die für die 36 mm dicke Ankerkette bemessene Kettennuß und die andre Seite eine Trommel trägt, um damit Ankerketten bis 82 mm Kettenglied-Durchmesser bergen zu können. Das Spill wird von einem unter Deck aufgestellten Elektromotor von 45 PS Leistung mittels einer Gallschen Kette angetrieben. Schwerste Ketten werden mit Hilfe der auf dem Achterdeck aufgestellten Winde geborgen, deren verlängerte Welle auf beiden Seiten mit großen Spillköpfen versehen ist. Zum Antrieb dieser Winde dient ebenfalls ein unter Deck aufgestellter 45 PS-Elektromotor. Die Winde dient im allgemeinen zum Einhieven schwerer Schlepptrossen und zur Bedienung des am Großmast vorgesehenen Ladegeschirrs. Dieses besteht aus einem nach dem Mannesmannverfahren hergestellten 13 m langen Ladebaum für 5 t Tragfähigkeit, mit dem die Bergepumpen und -materialien an Bord des zu bergenden Schiffes gebracht werden können.

Abb. 12. Doppelschrauben-Motorschlepper „Seefalke“, Blick vom Achterdeck nach vorn.

Ausrüstung.

Seitlich vom Deckaufbau sind ein mit Luftkästen versehenes Motorboot und ein Rettungsboot aufgestellt, deren Formen mit Rücksicht auf Fahrten in schwerer Brandung gewählt sind. Die Boote sind unter Barkunen aufgestellt, die entweder mit einer auf der Decke des Motorenschachtes aufgestellten Handwinde oder mit Hilfe der Heckwinde gehoben und gesenkt werden können.

Das Schiff hat zwei Masten erhalten, von denen der Fockmast mit aufgesetzter Stenge aus Pitchpine und der Großmast in seinem unteren Teile aus Stahl und in seinem oberen aus Holz hergestellt sind. An der Hinterkante des Hauptdeckaufbaues ist ein Schleppgeschirr eingebaut, das aus einem über die ganze Breite des Deckaufbaues reichenden Bügel und zwei Patentschlepphaken besteht.

Zellen für Öl und Wasser.

Zwischen Spant 25 und 35 befindet sich ein großer Ölbunker von 119 t Inhalt, der durch ein Längs- und ein Querschott in vier Abteilungen unterteilt und zur Minderung des bei Seegang auftretenden Flüssigkeitsschlages mit großen Schlagplatten versehen ist.

Im vorderen Teil des sich an den Querbunker anschließenden Motorenraumes liegt unter den Hilfsmaschinen ein Bodentank von 32 t Inhalt und davor zwischen Spant 68 und 73 ein bis zum Zwischendeck reichender Querbunker für weitere 34 t Teiböl, so daß einschließlich der im achteren Teil des Deckaufbaues eingebauten Setztanks von 8 t Inhalt insgesamt 193 t Treiböl an Bord genommen werden können.

Neben den Setztanks ist auf Backbord ein Raum für Benzinfässer und auf Steuerbord ein Raum mit eingebauten Petroleumzellen eingerichtet.

Eine Trinkwasserzelle von 10 t Inhalt ist im vorderen Teile des Proviantraumes eingebaut.

Einrichtungen.

Im Vorderteil des Deckaufbaues liegen auf Backbord die Küche und auf Steuerbord ein Wasserklosett und ein Waschraum. Daran schließt sich die geräumige Messe, die getäfelt, hellgestrichen und mit dunklen Möbeln aus Hartholz wohnlich ausgestattet ist.

Von dem Vorraum neben der Messe gelangt man zum Wohn- und Schlafzimmer des Kapitäns, einem Badezimmer und zu acht Wohnräumen für den Bergungsinspektor, die Offiziere und Unteroffiziere. Im Mannschaftsraum zwischen Spant 5 bis 13 sind vier Matrosen und abgetrennt von diesen der Koch und Steward untergebracht.

Die Möbel des Kapitänzimmers sind aus poliertem Mahagoni hergestellt. Decken und Wände der Offiziers- und Unteroffiziersräume sind verschalt und weiß lackiert. Licht und Luft erhalten diese Räume durch Oberlichter. Für Fahrten in südliche Gewässer und solche bei schlechtem Wetter ist künstliche Lüftung vorgesehen. Auch die eisernen Wände in den Mannschaftsräumen sind mit Holz verkleidet, die Außenhaut ist besonders isoliert worden.

Der Raum für Funkentelegraphie, mit einer 1,5 kW-Funkanlage, das Kartenzimmer und Ruderhaus befinden sich in einem Haus aus Teakholz auf dem vorderen Teil des Deckaufbaues. Um dieses Haus führt eine Brücke, die ein standfestes Teakholzschanzkleid erhalten hat. Diese Brücke ist einmal vom Hauptdeck aus über zwei eiserne Treppen und bei schlechtem Wetter auch über eine Steigleiter zu erreichen, die vom Vorraum der Messe aus in das Kartenzimmer führt.

Die Decke des Hauses ist als obere Kommandobrücke ausgeführt und ist wie die untere von einem Teakholzschanzkleid umgeben und in ihrem vorderen Teile mit zwei Nockhäusern versehen.

Die aufgestellten Kommandoelemente und der Richtungsweiserbock sind mit den im Ruderhaus vorhandenen gleichen Apparaten verbunden. Auf dem hinteren Teil der Brücke ist eine Funkpeilanlage aufgestellt worden.

Für einen guten Überblick über das Achterschiff bei Bergungsarbeiten ist hinter dem Schornstein eine mit dem oberen Kommandostand durch eine Laufbrücke verbundene kleine Brücke vorgesehen, die ebenfalls einen Maschinentelegraphen erhalten hat, Abb. 12.

Das Leitungsnetz der Beleuchtungsanlage wird von einem im Motorraum aufgestellten 220/110 V-Zweimaschinenumformer gespeist. Dieser Umformer liefert auch den Strom für einen am Schornstein aufgestellten Scheinwerfer, ein auf einem Nockhaus stehendes Zeiß-Nebellicht und eine aus Lampen und Glocken bestehende Alarmanlage, die vom FT-Raum aus eingeschaltet wird.

Die Hauptmaschinen.

Die Hauptmaschinen sind zwei umsteuerbare, einfachwirkende Viertakt-Dieselmaschinen, Bauart MAN, die zusammen mit dieser Firma von Joh. C. Tecklenborg, A.-G., in Geestemünde gebaut und erprobt worden sind, Abb. 13 und 14.

Die Motoren sind ohne Kreuzkopf ausgeführt, haben sechs Zylinder, 480 mm Dmr., 700 mm Hub und leisten bei 200 Uml./min je 900 PS_e. Mit Hilfe des unten beschriebenen Aufladeverfahrens kann diese Leistung auf wenigstens 1200 PS_e, also zusammen 2400 PS_e erhöht werden.

Die Grundplatte der Maschine ist aus Gußeisen in einem Stück hergestellt. Um das abfließende Öl zu sammeln, hat man die Grundplatte unten öldicht abgeschlossen. Die aufgesetzten Ständer sind so angeordnet, daß das Triebwerk leicht überholt und ausgebaut werden kann. Der Ölersparnis wegen sind die Räume zwischen den Ständern durch leicht entfernbare Verkleidungen öldicht geschlossen.

Die Kurbeln der einmal geteilten Kurbelwelle sind um 120° gegen einander versetzt. Je drei Zylinder sind in einem Block gegossen. Die Zylinderlaufbüchsen sind aus Sondergußeisen angefertigt und von oben eingesetzt. Jeder Zylinderdeckel enthält ein Anlaß-, Einsauge-, Brennstoff-, Auspuff- und Sicherheitsventil, die in bekannter Weise durch eine Nockenwelle gesteuert werden.

Das Umsteuern geschieht durch Verschieben der Nockenwelle. Zylinder und Zylinderdeckel werden durch eine an jeder Maschine angebaute Zylinderkühlpumpe gekühlt.

Die Kolben werden im oberen Teile mit Wasser gekühlt, das von der angekuppelten Kolbenkühlpumpe gefør-

dert und durch Tauchrohre zu- und abgeführt wird.

Das Triebwerk wird durch einen Ölumlauf geschmiert, indem eine vom Hauptmotor angetriebene Zahnradpumpe das Öl aus dem Schmieröltank ansaugt und durch einen umschaltbaren Ölfilter in die Schmierölleitung des Motors drückt, aus dem es in die Grundplattenölwanne und von dort in den mit Vorrichtungen zum Kühlen bzw. Wärmen versehenen Sammeltank von 4 t Inhalt zurückfließt. Die Arbeitszylinder und Luftpumpenzylinder werden durch besondere Boschöler geschmiert.

Als Brennstoff für die Motoren kann Gas- und Teeröl benutzt werden. Die Kolben der Brennstoffpumpen arbeiten in einem aus Stahl geschmiedeten Pumpengehäuse. Die Saugventile der Brennstoffpumpen werden zwangläufig gesteuert. Zum Einstellen des Saugventilhubes und zum Regeln der Brennstoffzufuhr dient ein Handrad am Manövrierstand. Gehen die Maschinen beim Austauchen der Schrauben durch, so greift beim Überschreiten der Umlaufzahl um etwa 10 vH ein Sicherheitsregler ein und beeinflußt die Saugventile der Brennstoffpumpen.

Jeder Hauptmotor hat seine eigene auf der Stirnseite des Motors angeordnete und von der Kurbelwelle unmittelbar angetriebene Luftpumpe, die die Luft in drei Stufen verdichtet.

Die zum Anlassen der Hauptmotoren dienende Druckluft ist in sechs Hochdruck-Stahlbehältern von je 1,2 m³ Inhalt aufgespeichert. Dieser Luftvorrat reicht für wenigstens 60 aufeinanderfolgende Anlaßmanöver.

Jeder Motor ist mit einem Hauptanlaßventil versehen, das beim Anlassen des Motors zwangläufig geöffnet wird. Hinter dem Hauptanlaßventil ist ein Druckminderventil eingeschaltet, in dem die Anfahrluft auf 16 at Druck entspannt wird. Zum Umsteuern dient im allgemeinen Drucköl und Druckluft, als Aushilfe dient eine Umsteuerung für Handbetrieb.

Die Manövriereinrichtung der Motoren besteht aus den beiden Anlaßhebeln, die je eine Gruppe von drei Arbeitszylinder bedienen, der Umsteuervorrichtung und einem Handrad zum Einstellen der Brennstoffpumpe und damit zur Geschwindigkeitsregelung von Maschine und Schiff. Die Anlaß- und Umsteuergestänge sind zum Verhindern unzulässiger Manöver gegeneinander verblockt.

Eine Aufladeeinrichtung mit einem elektrisch angetriebenen Turbinengebläse von etwa 55 PS Kraftbedarf erhöht die Maschinenleistung. Das Luftsaugrohr ist, geschützt vor überkommendem Wasser, im Schornstein hochgeführt. Vom Gebläse führt nach jedem Hauptmotor eine Luftleitung, die die einzelnen Arbeitszylinder versorgt. Bei ausgeschalteter Aufladevorrichtung stehen die Motoren unmittelbar mit dem Luftsaugrohr in Verbindung. Außerdem kann die Luft auch aus dem Motorenraum angesogen werden.

Die Auspuffgase werden aus den Zylindern durch ein wassergekühltes Sammelrohr nach den Schalldämpfern im Schornstein geleitet und von dort ins Freie geführt.

Die schweren gußeisernen Schwungräder der Motoren sind so bemessen, daß ein Betrieb mit nur 30 Uml./min möglich ist.

Abb. 13. Umsteuerbare einfachwirkende Sechszylinder-Viertakt-Dieselmaschine, Bauart MAN.

Die verwendeten Einscheiben-Drucklager werden von der allgemeinen Druckschmierung der Motoren oder durch zwei elektrisch angetriebene Zahnradpumpen geschmiert. Die Schrauben sind in einem Stück aus Bronze gegossen. Für Fahrten bei Eisgang werden besondere Schrauben aus Stahlguß aufgesetzt.

Abb. 14. Blick in den Maschinenraum, von achtern gesehen.

Hilfsmaschinen.

Mit Rücksicht auf den großen Bedarf an elektrischem Strom, Druckluft und Dampf bei Bergearbeiten wurden die Hilfsmaschinen nach besonderen Gesichtspunkten ausgeführt. Drei Dieseldynamos sind vorn im Maschinenraum aufgestellt, eine dreizylindrige von 75 kW, eine zweizylindrige von 50 kW und eine dreizylindrige von 20 kW Leistung, die sämtlich Strom von 220 V Spannung erzeugen. Die erste und zweite laufen mit 350 Uml./min, die dritte mit 500 Uml./min. Die Antriebmaschinen sind kompressorlose Dieselmotoren der MAN.

Die 50 kW- und die 20 kW-Gleichstrom-Dynamo sind unmittelbar mit den Dieselmotoren gekuppelt, während die 75 kW-Dynamo mit einem Hilfsverdichter verbunden ist. Ausrückbare Reibkupplungen ermöglichen ein Arbeiten des Dieselmotors auf die Dynamo oder einer von diesen Maschinen auf den Hilfsverdichter, wobei die Dynamo als Elektromotor wirkt, der von der 50 kW- und der 20 kW-Dynamo über eine Leonardschaltung gespeist wird. Der dreistufige Hilfsverdichter für rd. 80 at dient als Aushilfe für die Luftpumpen der Hauptmaschinen und zur Unterstützung beim Manövrieren. Ein durch einen Rohölmotor angetriebener Notverdichter dient zum ersten Aufspeichern der Anlaßluft. Für Hafendienst und normalen Seedienst genügt die 20 kW-Dieselynamo.

An elektrisch betriebenen Pumpen sind weiter vorhanden:

1. eine Aushilfs-Kühlwasserpumpe für die Hauptmotoren (Kolbenpumpe für 70 m³/h),
2. eine Aushilfs-Schmierölpumpe (Zahnradpumpe für 25 m³/h),
3. eine Pumpe für die Brennstoffübernahme (Kolbenpumpe für 50 m³/h),
4. eine Brennstoffpumpe zur Förderung aus den Zellen in die Setztanks (Zahnradpumpe für 10 m³/h),
5. eine Aushilfs-Brennstoffpumpe (Handpumpe),
6. eine Doppelkolbenpumpe für Ballastwasser, Kühlwasser, zum Lenzen und Feuerlöschen für 50 m³/h.

Ein ölgeheizter Hilfskessel von 10 m² Heizfläche und 8 at Druck dient zum Heizen der Räume, der Öltanks und zum Betrieb der Dampfpfeife. Außer dieser ist noch eine Krupp-Typhon-Sirene für Druckluftbetrieb vorhanden.

Auf der Probefahrt zeigten sich bei steifer Brise und grobem Seegang die vorzüglichen Seeigenschaften des Schiffes, das 16,7 Kn Geschwindigkeit erreichte. [B 58]

Ernst Klein †.

Am 25. Februar d. J. ist nach längerem Siechtum Kommerzienrat Dr.-Ing. eh. Ernst Klein in Dahlbruch verschieden. Er wurde am 25. Oktober 1844 als Sohn des Kommerzienrates Wilhelm Klein zu Dahlbruch geboren. Nachdem er das Abiturientenexamen auf dem Realgymnasium zu Siegen bestanden hatte, studierte er an der Gewerbeakademie (Technische Hochschule) zu Berlin. 1867 trat er als Ingenieur bei der Maschinenfabrik und Eisengießerei Gebr. Klein in Dahlbruch ein. Diese Firma hatten die Brüder Heinrich, Friedrich, August und Wilhelm Klein im Jahre 1834 gegründet, und zwar hatten sie den durch ihren Großvater Johannes Klein 1790 erworbenen Reckhammer dazu verwandt.

Mit Ernst Klein als Ingenieur an der Spitze nahm das Werk seinen Aufschwung. Kühn waren seine Konstruktionen, er hatte den Wagemut, neue Bahnen zu beschreiten. Es würde zu weit führen, all das aufzuführen, was sein schöpferischer Geist ersann und in die Tat umsetzte. Hingewiesen sei nur auf die Ausbildung von Walzwerken und Walzwerkmaschinen, auf seine Mitwirkung bei der Einführung der Gasmaschine, und als Beispiel sei angeführt, daß er gegen das Gutachten seiner Fachgenossen den Schnellauf von Gebläsemaschinen in die Tat umsetzte.

Dem Verein deutscher Ingenieure gehörte Ernst Klein schon seit dem Jahre 1868 an, und zwar dem Bezirksverein an der Lenne sowie dem Verein für Eisenhüttenwesen in Düsseldorf, der damals noch Zweigverein des V. d. I. war. Im Jahre 1870 befand er sich unter den Mitbegründern des Siegener Bezirksvereins. Von 1890 bis 1892 war er Vorsitzender, doch war er schon Anfang der achtziger Jahre im Vorstand und blieb es bis zum Jahre 1895. Im Jahre 1920 wurde Ernst Klein Ehrenmitglied des Siegener Bezirksvereines.

Eine Reihe von andern technischen Vereinen sahen ihn als Führer und Gründer in ihren Reihen. So gehörte er zu den Gründern des Vereins Deutscher Maschinenbauanstalten, dessen Vorsitzender er vom Jahre 1905 bis 1910 war; von da ab war er Ehrenmitglied dieses Vereines. Ferner gehörte er, wie schon erwähnt, dem Verein Deutscher Eisenhüttenleute seit seiner Gründung aus dem Zweigverein für Eisenhüttenwesen im Jahre 1880 an und war hier seit 1892 Vorstandsmitglied. Ernst Klein war auch Mitbegründer des Siegener Dampfkessel - Überwachungsvereines. In verschiedenen Werken bekleidete er das Amt eines Aufsichtsrates.

Im öffentlichen Leben trat er des öfteren hervor. Lange Zeit war er Präsident der Handelskammer zu Siegen und Vorsitzender des Berg- und Hüttenmännischen Vereins. Zuletzt war er Ehrenmitglied dieser Körperschaften. Im Kreis- und Provinziallandtag war er jahrzehntelang tätig, ebenso in der Gemeinde und Amtsvertretung; er war auch Kurator des Stiftes Keppel. Überall brachte man dem liebenswürdigen und ausgezeichneten Mann Achtung und Vertrauen entgegen. Seine besondere Fürsorge galt den Arbeitern seines Werkes. Jeder, ob hoch oder niedrig, fand bei ihm ein offenes Ohr.

Es konnte nicht ausbleiben, daß ihm viele Ehren zuteil wurden. So wurde er 1896 Kgl. preußischer Kommerzienrat; er war Inhaber mehrerer Orden und wurde 1917 Doktor-Ingenieur ehrenhalber der Technischen Hochschule zu Hannover.

Leider hatte er 1923 den Schmerz, wenige Wochen vor der Goldenen Hochzeit, seine Gattin zu verlieren. Den Tod der treuen Lebensgefährtin konnte er nicht verwinden. Im hohen Alter von 80 Jahren ist nun auch er dahingegangen.

Siegener Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure.

Grundriß

Abb. 14.

Universal-Werkzeug- und Rundschleifmaschine.

Von Prof. M. Coenen, Chemnitz.

(Hierzu Tafel 3.)

Es wird eine Werkzeugschleifmaschine beschrieben, die sich durch ihre vielseitige Verwendbarkeit auszeichnet.

Durch das amerikanische Vorbild angeregt, geht man auch in Deutschland mehr und mehr dazu über, in der Fertigung, besonders in der Massenherstellung, leistungsfähige Sondermaschinen zu verwenden. Für das Schleifen von Werkzeugen wird man aber diesen Weg wohl kaum beschreiten, wenn es sich nicht um Werkzeugfabriken handelt, sondern sich einer Universal-Werkzeugschleifmaschine bedienen, auf der man die vielgestaltigen Werkzeuge des Betriebes schleift und instandhält. Auf dieser Maschine werden Werkzeuge von zylindrischer bzw. kegeliger Grundform, wie Reibahlen, Messerköpfe, Gewindebohrer, Fräser usw. geschliffen. Sie muß so kräftig sein, daß auch bei großen und sperrigen Werkstücken keine Erschütterungen auftreten, und von derartiger Bauart, daß man von der Geschicklichkeit des Bedienenden möglichst unabhängig ist, d. h. die Maschine muß völlig selbsttätig arbeiten.

Diese Gedanken führten zum Entwurf der Universal-Werkzeug- und Rundschleifmaschine „Roto“ der Zimmermann-Werke in Chemnitz. Mit dieser Maschine können nicht nur die oben angeführten Werkzeuge geschliffen, sondern es können Rundschleifarbeiten, Innenschliff und Flächenschliff, an den verschiedenartigsten Werkstücken ausgeführt werden. Abb. 1 und 2 auf Tafel 3, zeigen Gesamtansichten der Maschine. Auf dem kräftigen Untergestell ist ein Ständer drehbar angeordnet, an dem ein Konsol mittels eines Handrades senkrecht verstellt werden kann. Das Konsol trägt den Konsolschlitten, der durch weitere Handräder von der vorderen oder hinteren Seite der Maschine quer verstellt wird. Feineinstellung mit Hilfe eines Knopfes ist ebenfalls vogesehen. Auf dem Konsolschlitten ruht der Arbeitschlitten in nachstellbaren Führungen, Abb. 3, Tafel 3. Die eigentliche Tischplatte ist sodann auf einem Tischunterteil angebracht und ist auf diesem in der Mitte durch einen kräftgen Zapfen und an den beiden Enden durch starke übergreifende kreisbogenförmige Führungsleisten gehalten. Durch eine Mikrometerschraube läßt sich der Tisch bis zu einem Winkel von 9° drehen. Die Längsbewegung des Tisches erfolgt durch Handrad *a* und die Feineinstellung durch Knopf *b*, Abb. 1, 2 und 4, Tafel 3. Die Handkurbel *c*, die auch auf der hinteren Seite der Maschine aufgesteckt werden kann, wird verwendet, wenn von Hand geschliffen werden soll. *d* ist der Umschalthebel für den selbsttätigen Tischvorschub, der durch Anschläge umgelegt wird. Angetrieben wird die Maschine von einem Deckenvorgelege aus, dem zwei verschiedene Drehzahlen gegeben werden können.

Abb. 4, Tafel 3, stellt den Antrieb des Tisches in einem Schnitt durch Ständer, Konsol und Konsolschlitten dar. Hieraus ist die Tischquerverstellung ohne weiteres zu erkennen. Schnellängsverstellung erfolgt durch die schon erwähnte Handkurbel *c*, die auf Welle *g* aufgesteckt wird und das in die Tischzahnstange eingreifende Ritzel bewegt, was auch aus Abb. 3, Tafel 3, die einen Senkrechtschnitt durch Tisch und Konsolschlitten zeigt, zu erkennen ist. Der Räderblock auf Welle *h*, Abb. 4, Tafel 3, muß hierbei in Mittelstellung stehen. Wird der Räderblock nach links geschoben, so ist die Längsverstellung durch Handrad *a* bzw. Knopf *b* gegeben; wird der Block nach rechts geschoben, so ist die maschinelle Verstellung durch das Kegelräder-Wendegetriebe eingerückt. Der Umschalthebel *d*, Abb. 1, 2, 3, Tafel 3, dreht eine Welle, die einen Winkelhebel, Abb. 4, Tafel 3, trägt. Dieser betätigt einstellbare Anschläge, die ihrerseits die Kupplung des Wendegetriebes verschieben.

Der Antrieb des selbsttätigen Tischvorschubes erfolgt von einer besonderen Riemenscheibe des Deckenvorgeleges auf die Riemenscheibe *i*, Abb. 5, Tafel 3, und von hier aus durch ein Wechselgetriebe auf das erwähnte Kegelräderwendegetriebe. Durch das Wechselgetriebe können dem Tisch fünf verschiedene Vorschübe in den Grenzen von 6 bis 30 mm/s erteilt werden, und zwar kann der Vorschub während des Ganges der Maschine verändert werden. Mittels eines Handgriffes kann man das ganze Wechselgetriebe um seine Mitte schwenken, um die nötige Riemenspannung zu erreichen.

Abb. 6, Tafel 3, zeigt einen Schnitt durch den Schleifspindelstock, der auf dem Ständer drehbar angeordnet ist. Die gehärtete und geschliffene Spindel läuft in nachstellbaren Stahlbronzebüchsen. Die Abbildung läßt auch den auswechselbaren Spindelaufsatz erkennen, der auf den Spindelkegel aufgezogen wird. In Abb. 7, Tafel 3, ist der Antriebspindelstock und der Reitstock dargestellt. Die Stufenscheibe wird von einer Trommel des Deckenvorgeleges aus angetrieben. Die Stufenscheibe, die in einem um das Spindelmittel schwenkbaren Arm gelagert ist, treibt sodann mittels eines kurzen Riemens, der durch eine Rolle gespannt wird, die Mitnehmerscheibe zum Antrieb des Werkstücks. Der Reitstock ist mit einer federnden Spitze versehen, die durch Druck auf einen Hebel zurückgenommen werden kann.

Abb. 8, Tafel 3, zeigt das Schleifen einer kegeligen Reibahle, wobei der Tischoberteil um den halben Kegelwinkel der Reibahle schräg gestellt wird. Im Reitstock ist in diesem Falle eine lange, abgeflachte Körnerspitze eingesetzt, damit man mit der Schleifscheibe ausschleifen kann.

Die Universal-Aufspannvorrichtung nach Abb. 9, Tafel 3, eignet sich besonders gut zum Schleifen kleinerer und mittlerer Messerköpfe sowie von Scheibenfräsern und Metall-Kreissägeblättern bis rd. 350 mm Dmr. Wird die Schleifmaschine mit dem in Abb. 10 bis 14, Tafel 3, dargestellten selbsttätigen Spiralenschleif- und Teilapparat ausgerüstet, so schleift sie alle zylindrischen, gerade- und spiral- (schraubenlinig) genuteten Werkzeuge ohne jede Bedienung fertig, so daß ein Arbeiter mehrere Maschinen zugleich überwachen kann. Man kann zwar das Schleifen von spiralgenuteten Werkzeugen auch ohne den Apparat vornehmen, indem man die Schraubenbewegung durch eine feste Abstützvorrichtung bewirkt und die Teilung mit Hilfe eines von Hand bewegten Teilkopfes vornimmt; doch liegt es auf der Hand, daß die Verwendung der selbsttätigen Einrichtung bedeutend besser ist. Sie wird an Stelle des in Abb. 7 gezeigten Spindelstockes auf den Tisch der Maschine aufgesetzt. Der Antrieb erfolgt von der Trommel des Deckenvorgeleges auf die Riemenscheibe *k*, Abb. 10 und 11. Ein Handgriff dient zum Spannen des Riemens bei

Abb. 15. Prüflehre für hinterdrehte Fräser.

Abb. 16. Einstellehre für Schleifscheiben und Fräser.

Senkrechtverstellung des Konsols. Die Wechselräder *l* sind zur Erzeugung der entsprechenden Teilung des zu schleifenden Fräsers nötig, und mit der entsprechenden Schrägstellung des Leitlineals *m* werden die verschiedenen Spiralsteigungen erzielt. Das Weiterteilen geschieht in der Stellung, in der die Schleifscheibe gegenüber dem Reitstock steht, dadurch, daß der Hebel *n*, der auch von Hand betätigt werden kann, durch einen Anschlag umgelegt wird. Hierdurch zieht der Hebel *o* den Sperriegel *p*, Abb. 14, aus der Rast der Teilscheibe *q* und der Kupplung *r*, so daß eine Druckfeder die letztere einrücken kann. Nach einer Umdrehung der Teilscheibe fällt der Riegel wieder in die beiden Rasten ein, wodurch die Teilscheibe wieder gesperrt und die Kupplung ausgerückt wird. Die Teilbewegung wird über die Wechselräder auf ein Umlaufgetriebe, Abb. 11, übertragen, und zwar wird hierbei das Gehäuse *s* des Getriebes festgehalten und der Mitnehmerscheibe eine dem Drehsinn der Welle *t* entgegengesetzte Bewegung erteilt. Die zum Erzeugen der Schraubenbewegung gebrauchte Drehung der Mitnehmerscheibe während der Längsbewegung des Tisches wird dadurch erzeugt, daß der Gleitschieber *u*, Abb. 11 und 12, die Zahnstange *v*, Abb. 12 und 13, senkrecht zur Tischbewegung verschiebt. Die Zahnstange dreht das Gehäuse des Umlaufgetriebes *s*, während die Welle *t* und damit das darauf sitzende Kegelrad des Getriebes festgehalten wird. Der Gleitschieber *u* hat eine Einrichtung zum Aufheben des toten Ganges, wodurch ermöglicht wird, daß die Schleifscheibe beim Vor- und auch Rücklauf des Tisches den eingespannten Fräser bearbeitet. Für das Arbeiten mit der Maschine sind die Prüflehre nach Abb. 15 und die Einstellehre für Fräser und Schleifscheiben nach Abb. 16 zu empfehlen. [B 124]

Stand der Zahnrädertechnik.

Auf der Tagung der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure im V. d. I., die gelegentlich der Frühjahrsmesse in Leipzig abgehalten wurde, fand u. a. eine größere Aussprache über die Technik der Zahnräder statt. Der erste Vortrag von Prof. Dr. Cranz, Hannover, beschränkte sich unter Hinweis auf das sehr umfangreiche Schrifttum über Zahnradtheorie, die allein in den Zeitschriften des V. d. I. aus den letzten Jahren etwa 120 Beiträge umfaßt, darauf, einzelne wichtige Punkte hervorzuheben.

Kritische Betrachtung zur Verzahnungstheorie.

Bis vor einigen Jahren herrschte die mathematische Behandlung der Verzahnung vor, während man heute die Forderungen der Werkstatt in bezug auf Herstellung und auf Benutzung von Zahnrädern in erster Linie berücksichtigt. Diese Forderungen haben für Zahnräder im Maschinenbau bei der Zahnkurve das Verschwinden der Zykloide zugunsten der Evolvente bewirkt. Die bekannte Verzahnung von Wille mit unveränderlichem Eingriffwinkel von 15°, gleichbleibenden Kopf- und Fußlängen und gleicher Zahnstärke für alle Zähnezahlen hat man vielfach durch Abänderungen zu verbessern gesucht (AEG, Barth, Fölmer, Kutzbach usw.). Mit Benutzung dieser Arbeiten kann man die zulässigen Größen für die günstigste Verzahnung ableiten, wobei man alle Verhältnisse zweckmäßig nicht auf den Teilkreis, sondern auf den Grundkreis bezieht. Aus den drei Forderungen: 1. Vermeidung von Unterschnitt, 2. genügender Überdeckungsgrad (Eingriffdauer), 3. Vermeidung von Überspitzwerden der Zähne, ergeben sich bei Festlegung einer kleinsten und einer größten Zähnezahl (und Zahnstange) die Grenzwerte für den Eingriffwinkel. Maßgebend ist dabei der Winkel des Schneidstahles, der im Grenzfall 8° werden darf. Der Eingriffwinkel zweier kämmender Räder darf nach der Theorie zwischen 10° und 30° liegen. Da nach dem heutigen Stande der Theorie keine grundlegenden Verbesserungen mehr zu erwarten sind, ist es Aufgabe der Praxis, durch Versuche unter den von der Theorie empfohlenen Verzahnungen die am besten geeignete zu ermitteln.

Der Wirkungsgrad ist heute hoch. Auch die Verfahren zur Prüfung der verlangten Genauigkeit sind gut durchgebildet. Ausgangspunkt für die Wahl der günstigsten Verzahnung muß der ruhige Lauf der Zahnräder sein. Planmäßige Versuche über den Einfluß der verschiedenen Größen auf den Lauf hat man noch nicht durchgeführt, jedenfalls fehlen noch Zahlenangaben selbst da, wo man ruhigen Lauf im praktischen Betrieb erreicht hat, z. B. bei Schrägverzahnungen und über den kleinsten zulässigen Überdeckungsgrad. Auch die gute Wirkung von Abweichungen von der Evolventenform ist nicht durch Zahlen belegt. Vor allem aber fehlen noch Versuche über den zeitlichen Verlauf der Zahnabnutzung. Diese wären aber besonders wichtig, um die Grundlagen für die Berechnung der Zahnräder, worin wir noch sehr rückständig sind, sicherer zu gestalten. Bisher hat man den Lauf des Verschleißes nur theoretisch untersucht. Ebenso kennt man die Spannungsverteilung in den Zähnen nur theoretisch; Anfänge, sie experimentell zu erforschen, hat man in Amerika mit Zähnen aus Zellhorn gemacht, indem man den Verlauf der Kraftlinien durch polarisiertes Licht sichtbar machte.

Obering. Neubert, Zwickau, sprach dann über

Wärmebehandlung von Zahnrädern.

Wichtig ist, daß der Konstrukteur schon bei der Formgebung der Zahnräder auf die Wärmebehandlung Rücksicht nimmt. Zu geringe Werkstoffdicke, ungünstige Form für das Einsetzen usw. geben zu vielem Ausschuß Anlaß. Geschlagene Rohlinge sind besser als von Stangen geschnittene; die bessere Durchschmiedung und Faserung der geschlagenen Stücke ergibt größere Sicherheit gegen das Verziehen beim Härten, doch muß man beim Schmieden unbedingt darauf achten, daß die Stücke nicht überhitzt werden. Man glüht jedes Stück vor dem Schneiden; nochmaliges Glühen vor dem Fertigbearbeiten kann bei kleinen Rädern nötig werden.

Beim Einsatzhärten wird Kohlenstoff aus festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen aufgenommen. Die Tiefe der gekohlten Schicht soll rd. 0,4 bis 0,9 mm betragen. Die Dauer des Einsetzens und die Temperatur sind genau zu überwachen. Nicht zu härtende Teile der Zahnräder schützt man durch Überzüge aus Lehm u. dergl. oder noch besser durch galvanisches Verkupfern. Am besten hat sich aber das Abdecken solcher Stellen in Vorrichtungen bewährt.

Gegenüber den festen Härtestoffen bringen die flüssigen und die gasförmigen Kohlungsstoffe Vorteile (Sauberkeit und Zeitgewinn), Gaskohlung und Salzbäder kommen aber im allgemeinen für kleine Stückzahlen oder kleine Räder in Frage.

Außer dem Kohlen ist das Nitrieren nach Krupp zu erwähnen, wobei man durch Einführen von Stickstoff bis zu 1 mm Tiefe eine Härteschicht erzeugt. Abschrecken ist dabei nicht nötig. Die Zahnräder nehmen dabei im Volumen zu, was man durch entsprechend kleineres Bemessen vor dem Einsetzen ausgleichen kann; sie müssen jedoch vor dem Nitrieren vollständig fertig bearbeitet sein, weil man sie nachher nur noch schleifen kann. Vorzüge des Nitrierens sind niedrige Temperatur, kurze Dauer des Vorganges, kein Verziehen; Nachteile: Verwendung eines Sonderstahls, Lizenzgebühr.

Ähnlich wie beim Nitrieren muß man auch bei der Verwendung lufthärtender Stähle die Zahnräder vor dem Härten vollständig fertig bearbeiten. Alle Löcher, Nuten usw. müssen auf Fertigmaß bearbeitet sein.

Die Härte der eingesetzten und gehärteten Zahnräder prüft man am einfachsten mit der Feile. Richten der Stücke nach dem Härten sollte grundsätzlich vermieden werden; vielmehr muß die Härterei Einrichtungen haben, die das Verziehen der Räder verhindern.

Herstellung und Prüfung von Zahnrädern.

Zum Schluß berichtete Dir. Dolt, Friedrichshafen, über Herstellung von Zahnrädern nach dem Abwälzverfahren, über Zahnkamm, Schneckenfräser, Einzahn und Schneidrad, ferner über Prüfgeräte und Prüfverfahren für diese Werkzeuge sowie für die erzeugten Zahnräder: also Prüfung der Zahndicke, Teilungsfehler, Unterschied zwischen den Teilungsfehlern von Rad und Gegenrad, Schlag, Flankenform, Unsymmetrie der Zähne usw.

Die hoch beanspruchten Zahnräder von heute muß man fast stets nach dem Härten fertig bearbeiten, also die Zähne schleifen. Einschlägige Maschinen bauen Maag, Reinecker und andre Firmen. Auf der Leipziger Messe waren ebenfalls solche Maschinen zu sehen.

Im Gegensatz zu andern schneidet Maag die Zahnköpfe nicht gegenüber der Evolvente zurück, sondern er führt mit gutem Erfolg die Teilung auf dem Grundkreis des treibenden Rades um rd. 0,004 mm größer aus als auf dem getriebenen.

[N 292] Dr.-Ing. Adrian.

Der Automobilbau als Bedarfsindustrie.

Von Prof. Dr.-Ing. G. Becker, Charlottenburg.

(Schluß von S. 375.)

Verwendung von Leichtmetall.

Im Zusammenhang hiermit steht die Frage weitgehender Anwendung von Leichtmetallen. Die Ausführung der acht Stahlgußbremsbacken des 10 PS-Horch-Versuchswagens und der Stahlnaben der beiden Bremstrommeln in Elektronmetall, Abb. 14 und 15, brachte eine Gewichtersparnis von 22 kg. Die Motorhaube desselben Wagens wiegt in Elektronmetall 7, in Stahlblech aber 19 kg. An diesem nebensächlichen Teil sind also allein 12 kg zu sparen.

Das Ausland schenkt den Möglichkeiten, die Kraftwagen durch Leichtmetall zu verbessern, größte Beachtung. Wir müssen uns klar werden, daß gesteigerte Leistung einfacher, vermindertes Gewicht aber vierfacher (preissenkender, fabrikatorischer, fahrtechnischer und betriebswirtschaftlicher) Gewinn ist. Das Ausland wertet nicht nach höchster Motorleistung, sondern nach Schmiegsamkeit und verlangt heute schon als Normalleistung, daß sich der Wagen von 8 auf 40 km/h in 10 s, meist aber in 8 s beim höchsten Gang beschleunigt.

Im Zusammenhang mit der Preisfrage ist auch die Nutzfläche bei Personenwagen zu beachten. Das geringste Maß für die bequeme Sitzbreite ist 47 cm, Abb. 16; für zwei Sitze nebeneinander braucht man daher mindestens 940 mm Sitzbreite, die in Hüfthöhe auf mindestens 1100 mm erweitert werden muß, damit die Arme ausreichende Bewegungsfreiheit haben. In allen Ländern, wo das Kraftfahrzeug in höherem Maße Bedarfsgegenstand geworden ist, hat sich der vier- bis fünfsitzige Wagen am zweckmäßigsten erwiesen. Dabei sind die hinteren Sitze etwas breiter, damit man im Notfall drei Personen darauf unterbringen kann. Kleinwagen oder Volkswagen, bei denen die Sitzbreite weniger als 47 cm beträgt, sind nicht lebensfähig.

Die Durchbildung der Motortriebwerke und die Geräuschbekämpfung beim Kraftwagen zählen und den wichtigsten technischen Aufgaben. Zur Zeit besteht die Gefahr, daß Motorbauarten für die Massenerzeugung gewählt werden, die man in dieser Hinsicht nicht weiter entwickeln kann.

Ein mehrkurbeliges Triebwerk ist eine Kette von Einkurbeltrieben, deren Massen man zwar durch die Verkettung ausgleichen kann, deren umlaufende und hin- und hergehende Massen aber innere Kräfte mit schädlichen Wirkungen auslösen. Der Massenausgleich des ganzen Systems gilt ferner nur für die theoretische Drehachse der Kurbelwelle. Er wird daher gestört, sobald sich die Kurbelwelle durchbiegt. Die Fliehkräfte erzeugen, besonders im Lager zwischen zwei gleichgerichteten Kröpfungen, hohe Belastungen.

Abb. 17 bis 22 zeigen die Abmessungen und die Ergebnisse der Untersuchung der vierfach gekröpften Kurbelwelle des neuen 10/50/60 PS-Horch-Versuchsmotors, für dessen Triebwerk links Gußeisenkolben und Stahlschubstangen und rechts Kolben und Schubstangen aus Elektronmetall angenommen sind. Die Durchbiegungen infolge der Massen allein, d. h. ohne den Einfluß der Arbeitsdrücke, betragen bis zu 0,08 mm beim schweren und bis zu 0,06 mm beim leichten Triebwerk und lassen sich durch Gegengewichte an den Kurbelwangen noch auf 0,03 mm verringern. Infolge der Durchbiegung wippen die Schubstangen der Zylinder II und III aus ihrer Ebene, Abb. 19. Der seitliche Ausschlag am obern Ende der Schubstange beträgt beim schweren Triebwerk fast 0,2 mm nach jeder Seite, zusammen also 0,4 mm.

Das Bild ändert sich aber, wenn Kolben I im oberen Totpunkt und unter Verbrennungsdruck steht, Abb. 20. Die Kurbelwelle biegt sich jetzt in der linken Hälfte nach der entgegengesetzten Seite durch und verstärkt dabei die Durchbiegungen der rechten Hälfte, bei schwerem Triebwerk auf 0,094 mm. Beim leichtesten Triebwerk mit Gegengewichten ist diese Durchbiegung aber nur halb so groß.

Abb. 21 zeigt die Durchbiegungen der Kurbelwelle, wenn der Zylinder II zündet. Die Durchbiegungen erreichen dabei mit rd. 0,1 mm einen Höchstwert. In der rechten Hälfte der Kurbelwelle sind die Durchbiegungen gering. Das obere Ende der Schubstange II schlägt um mehr als 0,2 mm aus der Mittellage nach jeder Seite aus. Eine Folge dieser Durchbiegungen ist zitternder und geräuschvoller Lauf des Motors. Auch kanten die Lagerzapfen im Lager.

Abb. 14 und **15**. Bremsbacken und Bremstrommelnabe aus Elektronmetall für den 10/35/48 PS-Horchwagen.
Gewicht eines Bremsbackens aus Elektronmetallguß mit Ferodoasbestbelag und Stahlplatte 550 g.

Abb. 16. Nutzfläche für Personenkraftwagen.

Abb. 17 und 18. Lagerbelastungen.

Abb. 19. Durchbiegungen infolge der Massenkräfte.

Abb. 20. Zündung in Zyl. I, Reihe B.

Abb. 21. Zündung in Zyl. II, Reihe C.

Abb. 20 und 21. Durchbiegungen infolge von Massenkräften und Verbrennungsdrücken.

A	1440	1107	240	470	484	210	484	470	199	1107	1440	a
	1155	844	164	374	394	194	394	374	136	844	1155	b
	675	873	160	428	169	17	169	428	132	873	675	c
	394	596	100	332	85	8	85	332	83	596	394	d
B	620	360	116	680	480	430	101	291	271	1200	1520	a
	310	69	192	603	423	402	28	221	212	925	1240	b
	169	97	192	622	146	263	237	249	206	945	762	c
	478	194	264	553	85	227	282	177	146	660	450	d
C	1435	1110	391	28	28	208	875	845	33	733	1020	a
	1285	968	400	138	7	83	815	670	25	582	875	b
	647	630	310	14	310	42	535	803	91	477	254	c
	507	706	330	208	394	69	450	608	83	332	102	d

RZ 182 Z 17-22

Abb. 22. Biegungsbeanspruchungen der Kurbelwelle bei 3500 Uml./min.

A = Durchbiegungen der Kurbelwelle infolge von Massenwirkungen
B = Durchbiegungen der Kurbelwelle infolge von Massenwirkungen und Verbrennungsdrücken (1510 kg), Zündung im Zyl. I
C = Durchbiegungen der Kurbelwelle infolge von Massendruck und Verbrennungsdrücken (1510 kg), Zündung im Zyl. II.
a = Gußeisenkolben und Stahlschubstange ohne Gegengew.
b = Elektronkolben und Elektronschubstange ohne Gegengew.
c = Gußeisenkolben und Stahlschubstange mit Gegengew.
d = Elektronkolben und Elektronschubstange mit Gegengew

Abb. 17 bis 22. Kurbelwelle des 10/50/60 PS-Horch-Versuchsmotors.

Abb. 27 bis 29. Elektronmetallkolben (in Kokille gegossen).

Gewichte:
Kolben . . . . . 310 g
Bolzen . . . . . 122 „
4 Ringe . . . . 48 „
zus. 480 g

RZ 182 Z 27-29

Man ist aus diesen Gründen bestrebt, kräftige Kurbelwellen und kleine Lagerabstände zu verwenden und die Gewichte von Schubstangen und Kolben äußerst zu beschränken. Schubstangen aus Stahl lassen sich nicht mehr erleichtern. Eine gebräuchliche Stahlstange für Kolben von 80 mm Dmr. wiegt 890 g. In neuerer Zeit haben sich aber Leichtmetalle als brauchbare Baustoffe für Schubstangen erwiesen. Stangen aus Duralumin haben mehrere große ausländische Fabriken eingeführt.

Mit Stangen aus Elektronmetall habe ich umfangreiche Untersuchungen seit nahezu einem Jahr im Gange. Diese Legierung hat wie Duralumin rd. 30 kg/mm² Streckgrenze, aber nur ein spezifisches Gewicht von 1,8 gegen 2,8 bei Duralumin. Von vornherein ist daher bei diesem Metall eine wesentliche Gewichtersparnis gegenüber Duralumin zu erwarten. Auf die Streckgrenze von Stahl, von Duralumin und von Elektronmetall bezogen, spart man rechnerisch für gleiche Knick- und Drucksicherheit 15 vH Gewicht bei der Duraluminstange und 47 vH bei der Elektronmetallstange.

Nach dieser Berechnung sind die in Abb. 23 bis 26 wiedergegebenen Schubstangen aus Elektronmetall entworfen, die mit Deckel 480 g gegen 890 g bei Stahlstangen wiegen, also 46 vH Gewicht ersparen. Im Ausland hat man bei Duraluminstangen den Sicherheitsgrad gegenüber Stahlstangen heruntergesetzt und dadurch gegenüber Stahlstangen bis zu 40 vH gespart.

Nach den schweren Belastungsproben, welche die Elektronstangen im 10/60 PS-Horch-Versuchsmotor bis zu

Abb. 31. Vergleichversuche mit Gußeisen- und Elektronkolben im Ford-Motor (4 × 95,2 × 101,6). Laufzeit für jeden Meßpunkt 6 min. ε Verdichtungsverhältnis.

Abb. 23 bis 26. Elektronmetall-Schubstangen für den 10/50/60 PS-Horchmotor.

Gewichte:		
Schaft und Lagerdeckel	480 g
2 Bolzen und Muttern	175 „
2 Lagerschalen	270 „
Zusammen	925 g

4000 Uml./min. und bei Betrieb mit Ladegebläse ausgehalten haben, halte ich es für zulässig, den Querschnitt der Elektronstange noch zu verringern, so daß man auf 60 vH Gewichtsersparnis rechnen könnte.

Angeregt durch Versuche in ausländischen Fabriken habe ich auch leichte Kolben aus Elektronmetall verwendet, die in der Kokille gegossen sind, s. Abb. 27 bis 29. Während diese Kolben bei 80 mm Dmr. einbaufertig mit Bolzen und Ringen je 480 g wiegen, wiegt der gußeiserne Buick-Kolben bei nur 76 mm Dmr. 943 g, also fast doppelt soviel. Die Gewichtersparnisse durch Kolben und Schubstangen aus Elektronmetall bedeuten im vorliegenden Fall eine Abnahme der angreifenden Fliehkräfte in den Kurbelzapfen um 700 kg, d. h. um rd. ⅓, s. Abb. 22.

Abb. 22 zeigt eine Welle, deren Trägheitsmomente der Horch-Kurbelwelle äquivalent sind. Die Biegungsbeanspruchungen bei gußeisernen Kolben und Stahlstangen sowie bei Kolben und Schubstangen aus Elektron sind einander gegenübergestellt. Sie sinken in der ersten und letzten Kurbelwange von 1435 auf 507, im ersten Kurbelzapfen von 1110 auf 706 und im mittleren Wellenzapfen von 208 auf 69 kg/cm².

Kolbenspiel.

In engstem Zusammenhang mit der dynamischen Verbesserung des Triebwerkes stehen die Beziehungen zwischen Kolben und Zylindern. Die Kolben sind das Schmerzenskind aller Automobilfabriken, weil sie g l e i c h z e i t i g verschiedene und veränderliche Arbeitsbedingungen erfüllen sollen. Im wesentlichen sollen sie folgende vier Eigenschaften haben:

1. Gute Wärmeleitfähigkeit und geringe Wärmeaufnahme,
2. geringes Gewicht,
3. geräuschlosen Lauf auf lange Dienstzeit.
4. hochwertige Schmierung und vollkommene Abdichtung des Verbrennungsraumes.

Abb. 32 bis 34. Abnutzung der Zylinder I, III und V des Buik-Motors.

Die Geräuschlosigkeit des Kolbenlaufes ist fast gleichzeitig mit der Einführung der Leichtmetallkolben wichtig geworden. Geräuschlosigkeit des Kraftwagenbetriebes ist heute überhaupt ein Gütemerkmal ersten Ranges; denn heulende Wechselgetriebe, klappernde Kolben und Ventile, trommelnde Wagenaufbauten u. dergl. kennzeichnen von vornherein ein Fahrzeug als minderwertig.

Die Beschränkung des Laufspieles der Kolben war jahrelang ein ausreichend wirksames und billiges Mittel, um geräuschlosen Lauf zu erreichen. Motoren mit gesteigerter Literleistung verlangen aber für alle Kolben, auch gußeiserne, von mittleren Durchmessern ab, so großes Spiel, wenn sie betriebsicher sein sollen, daß man Geräusche nur durch besondre Maßnahmen verhüten kann. Es ist daher ein Irrtum, zu glauben, daß das Klappern der Kolben eine kennzeichnende Schwäche der Leichtmetallkolben ist.

Abb. 30 zeigt das erprobte Kolbenspiel von Gußeisen- und Leichtmetallkolben für etwa 60 verschiedene Motoren. Als Abszissen sind die Zylinderdurchmesser, als Ordinaten die Kolbenspiele angegeben. Die nach dem Nullpunkt gerichteten Strahlen geben das Mindestspiel für Kolben verschiedener Bauart und für verschiedene Betriebsarten an.

Alle Kolben brauchen ein Laufspiel von mindestens $0{,}0007\,D$, wenn man Kolben und Zylinder nur als Teile eines Lagers von gleicher, unveränderlicher Temperatur ansieht. Zahlreiche Messungen haben die im deutschen Wettbewerb für Leichtmetallkolben ermittelten Werte bestätigt, wonach ein Gußeisenkolben $0{,}0016\,D$ und ein Leichtmetallkolben mit ovalem Schaft $0{,}002\,D$ Spiel haben muß, wenn die Leistung des Motors nicht mehr als 14 PS/l beträgt. In Motoren mit höheren spezifischen Leistungen und entsprechend höheren Drehzahlen muß das Spiel auf $0{,}0025\,D$ erhöht werden.

Die Erfahrung hat nun gezeigt, daß das Klappern der Kolben einsetzt, wenn das Kolbenspiel in kaltem Zustand $^1/_{10}$ mm überschreitet (schraffierte Fläche im Bild). Sinkt aber das Spiel unter 0,1 mm, so fressen die Kolben unter Belastung. Geräuschloser Lauf und hohe spezifische Leistung schließen einander aus.

Abb. 30. Kolbenspiel von Gußeisen- und Leichtmetallkolben.

● Spiel der Gußeisenkolben: Herkules 3, Packard 5, R. u. V. Knight 8, Stephens 9, Continental 10, Rickenbacker 11 Apperson 12, Lokomobile 13, Lafayette 14, Ford 15, Bethlehem 17, Kissel 19, Autocar 20, desgl. 21, White 23, desgl. 24, Morris 36, Coach Co. Knight 25, Military Truck 26, Cleveland 28, Stutz 29, Dort 30, Northway 31.

——— ○ Spiel der Aluminiumkolben gewöhnlicher Bauart: Standard Motors 33, desgl. 32, Duesenberg slipper type Magnalite 7, Reo 2, Austin 37, Curtiss-Flugmotor 18, 535 PS Wright-Flugmotor 27, 500 PS-Napier Lion 38, 1000 PS-Napier Cub 39, London Gen. Omnibus 34, Birms. Midland Omnibus 40.

— — — × Spiel der geschlitzten Aluminiumkolben: Oakland 1, Hupmobile 4, Maxwell 6, Willys-Knight 6, Lukomobile 22.

—.—.— ⊙ Spiel der klemmfrei laufenden Elektronkolben: Standard Motors 41, desgl. 42, Morris 43, 35 PS-Horch 45, 48 PS-Horch 44, 60 PS-Horch 46, London Gen. Omnibus 47, 500 PS-Napier-Lion Flugmotor 48, 1000 PS-Napier Cub-Flugmotor 49.

Ferner: ◑ Spiel der geschlitzten Aluminiumkolben mit zwei eingegossenen Stahlringen: Midwest 16

● Spiel des Kolbens (Gußeisenschaft mit Aluminiumkopf zusammengeschraubt) Marmon 15,

◒ Spiel des Dow-Kolbens: Ford 50.

Abb. 35 bis 37. Zylinderabnutzung des 10/35 PS-Horch-Motors.
a, b ausgeschlagene Stellen infolge einseitiger Verbrennungsstöße.

Das Bild zeigt nun, daß die meisten amerikanischen Fabriken das Spiel ihrer Kolben rücksichtslos unter 0,1 mm halten. Die meisten Punkte für das Spiel gußeiserner Kolben, z. B. Punkt 15 Ford, Punkt 5 Packard, Punkt 19 Kissel, drängen sich bei rd. 0,07 mm zusammen. Aluminiumkolben brauchen die starklinig, Elektronkolben die durch strichpunktierte Linien verbundenen Spiele. Man hat versucht, mit Schlitzkolben, deren Schäfte federn, in das Gebiet des geräuschlosen Spieles von 0,1 mm zu gelangen; ihr Spiel wird durch die gestrichelte Linie bezeichnet. Das Ergebnis hat aber nicht befriedigt.

Da alle Kolben unter 0,1 mm Spiel schon bei mäßiger Belastung klemmen und fressen, schreiben amerikanische Fabriken vor, daß neue Wagen zuerst 1600 km mit höchstens 40 km/h Geschwindigkeit fahren dürfen und ihre Maschine erst dann voll belastet werden darf, wenn alle Teile eingelaufen sind; geräuschloser Kolbenlauf schließt also hohe Leistung so lange aus, bis das größere Spiel erreicht ist, d. h. bis die Kolben klappern.

Abb 31 (S. 442) zeigt Motorleistungen und Brennstoffverbrauch des Ford-Motors mit normalen Gußeisen- und mit Elektronkolben. Der Motor hat fabrikneu nach mehrstündigem Einlaufen mit gußeisernen Kolben nur 13,5 PS Höchstleistung, selbst wenn man die Laufzeit auf 6 min beschränkt. Starker Leistungsverlust tritt von 1000 Uml./min aufwärts ein. Der 30 PS-Buickwagen, Modell 1925, wurde, vom Tag der Lieferung ab gerechnet, über 150 km mit mäßiger Geschwindigkeit eingefahren, dann wurde die Geschwindigkeit langsam auf 76 km/h in der Ebene gesteigert. Bei dieser Geschwindigkeit hatten sich schon nach 300 m Fahrstrecke oder 15 s Fahrzeit die Kolben festgefressen. Mit einem andern Wagen derselben Type wurden zunächst 1620 km sehr langsam gefahren. Als dann die Geschwindigkeit langsam auf den Höchstwert von 100 km/h in der Ebene gesteigert wurde, zeigten auch hier alle Kolben leichte Freßstellen. Das Spiel der Gußeisenkolben betrug bei diesem Versuch 0,1 mm. Die Zylinder waren an einzelnen Stellen bereits bis um 0,04 mm abgenutzt, Abb. 32 bis 34.

Die deutschen Käufer verlangen, und die deutschen Fabriken folgen dem, daß die Wagen schon neu ihre Höchstleistung abgeben. Daher ist es ausgeschlossen, daß man das Spiel vermindert, um geräuschlosen Lauf zu erzielen. Ohne besondere Maßnahmen kann man hohe Leistung und Geräuschlosigkeit nicht gleichzeitig erreichen. Alle Bemühungen in dieser Hinsicht haben bisher in einer Sackgasse geendet, und das macht die unendlichen Schwierigkeiten der Kolbenfrage erklärlich. Auch das Ausland hat für Leichtmetallkolben das geringe Spiel aufgegeben. Leichtmetallkolben vertragen kein zu kleines Spiel. Sie laufen so lange, bis sich ihre Schaftflächen oder die Zylinderflächen zerrieben haben. Der klemmende Gußeisenkolben bleibt aber schon bei mäßiger Überbelastung stecken und schützt sich dadurch, wenn auch in sehr roher Weise, gegen Zerstörung. Zu geringes Spiel ist ein höchst unzulängliches Mittel, um geräuschlosen Kolbenlauf zu erreichen; denn durch die Abnutzung des Zylinders und des Kolbenschaftes vergrößert sich das Kolbenspiel so stark, daß die Geräuschlosigkeit nur kurze Zeit anhält.

Abb. 35 bis 37 zeigen die Abnutzung des Horch-Zylinders in drei Stufen, zuletzt nach 35 648 km. Die Erscheinungen dabei sind sehr beachtenswert, insbesondere das Ausschlagen der Zylinderbahn bei *a* und *b* durch die Verbrennungsstöße, die einseitig den Kolben treffen. Kolben und Zylinder nutzen sich im Mittel nach meinen Messungen um 0,01 mm auf je 1000 km ab. Daraus folgt, daß auch gußeiserne Kolben von mittlerer Größe schon nach 3600 km Laufstrecke klappern müssen, auch wenn sie, wie in Amerika, anfangs nur 0,064 mm Spiel hatten.

Bei dem heutigen Stande der Kolbenfrage muß man nach spätestens 16 000 km neue Kolben einbauen, nach spätestens 25 000 km die Zylinder neu ausschleifen. Rechtzeitige Ausbesserung fordert die Rücksicht auf die Öffentlichkeit, weil sonst Schmieröl in den Verbrennungsraum tritt, die Abgase qualmen und die Verbrennung schlechter wird.

In der neuesten Zeit sucht man daher nach Maßnahmen, um geräuschlosen Lauf ohne Klemmen der Kolben bei voller

Belastung zu erreichen. Geschlitzte Kolben sind die Vorläufer dieser Entwicklung. Daß sie bisher versagten, ist darauf zurückzuführen, daß die geschlitzten Kolbenschäfte die hohen Schaftbelastungen bei vollbelastetem Motor nicht aushalten. Die neuesten Versuche laufen darauf hinaus, den Kolben ausreichendes Spiel für alle Belastungen zu geben, sie bei Belastung durch starre Schaftteile zu führen und diese Führung bei schwacher Belastung und im Leerlauf einem federnden Teil zu überlassen.

Automobilsteuer.

Die Auffassung, daß das Kraftfahrzeug ein notwendiger Bedarfsartikel auch für unser Volk ist, wird sicher von allen maßgebenden Stellen vertreten. Die Automobilsteuer muß deshalb zu einer Steuer auf einen Bedarfsartikel umgewandelt werden. Höhe und Art der Besteuerung müssen auf wirtschaftlich und technisch gesunder Grundlage erfolgen.

Die Besteuerung erfolgte bisher nach dem Hubraum des Motors. In letzter Zeit sind die Reichsbehörden wiederholt und scharf wegen der Steuerformel angegriffen worden. Dies ist bei Kenntnis der Sachlage schwer zu verstehen. Ich halte mich aber für verpflichtet, diesen Angriffen durch Klarlegung der Sachlage entgegenzutreten. Bei der letzten Beratung (1921) hat man diese Art der Besteuerung auf besonderen Wunsch der Industrie beibehalten. Schon bei diesen Beratungen habe ich den Vorschlag gemacht, die Kraftfahrzeuge nach Gewicht zu besteuern, weil sich diese Art der Besteuerung am besten der Wertabstufung der Fahrzeuge anpaßt, den Fortschritt fördert und auch für die Wegabnutzung den richtigen Maßstab abgibt. Die Industrie war gegen meinen Vorschlag.

Neuerdings mehren sich die Stimmen für die Besteuerung der Kraftwagen nach dem Gewicht. Dabei sind die Meinungen noch darüber geteilt, ob man das Gewicht des Fahrgestells oder das des betriebfertigen Wagens zugrunde legen soll. Automobiltechnisch ist es gleich, ob das Gewicht im Fahrgestell oder in der Karosserie steckt. Der Karosseriefabrikant kann durch übermäßigen Gewichtaufwand vieles verderben, was der Konstrukteur im Fahrgestell mühevoll gespart hat. Die Steuer nach dem Gewicht des betriebfertigen Wagens sichert dem Staat die Einnahme und gibt dauernde Anregung, die Fahrzeuge, d. h. Fahrgestell und Karosserie, in der gesundesten und aussichtreichsten Richtung zu bessern. Die Steuer wird damit eine Prämie auf den Fortschritt.

Will man mit der Steuer auch die fahrtechnischen Leistungen des Kraftwagens erfassen, so könnte man zur Grundsteuer nach dem Gewicht einen Zuschlag nach der Kennziffer für die Elastizität, d. h. dem Verhältnis von Leistung zu Gewicht, erheben. Da aber nicht die Höchstleistung, sondern das mittlere Drehmoment maßgebend ist, so müßte man diesen Zuschlag wieder aus dem Hubraum des Motors berechnen.

Die Höhe der Steuer wird von den Sätzen in andern Ländern ausgehen und unsern Verhältnissen angepaßt werden müssen. Mitte vorigen Jahres hat der englische Automobilklub auf Ersuchen des englischen Verkehrsministeriums Vorschläge für Automobilsteuern gemacht. Der Vorschlag läuft darauf hinaus, die Besteuerung nach dem Zylinderdurchmesser abzuschaffen und die Steuer von 1 £ für je 163,8 cm^3 Hubraum des Motors zu erheben. Das ergibt für den 6/22 PS-Morris 188 ℳ, für den Ford 352 ℳ, für den 28 PS-Standard 228 ℳ und für den Rolls Royce 904 ℳ.

Die Steuer entspricht bei Wagen außerhalb der Repräsentationsklasse einem Satz von etwa 20 ℳ für je 100 kg Wagengewicht. Wie weit man diesen Satz mit Rücksicht auf die Sondersteuern auf Brennstoff, Reifen usw. senken muß, wird noch beraten. [B 182]

Verwendung von Masut im Hochofen.

Um die reichen Petroleumvorräte besser ausnutzen zu können, hat man auf Veranlassung der rumänischen Regierung Versuche gemacht, die Ölrückstände für die Hochöfen zu verwerten, wobei sie einen Ersatz für Kohlen bilden sollen, soweit diese nicht zur Reduzierung wie z. B. im elektrischen Ofen gebraucht werden. Die Versuche wurden an einem alten, mit Holzkohlen betriebenen kleinen Ofen durchgeführt. Der Wind wurde in besonderen Öfen auf 300 bis 400 °C erwärmt und durch zwei Windformen in den Ofen gepreßt. Masut, das ebenfalls in besonderen Öfen auf 80 bis 100 °C erwärmt wurde (die Entzündungstemperatur liegt bei 136 °C) enthält 0,5 vH Schwefel und hat einen Heizwert von 10 500 kcal. Der Verbrauch wurde durch zwischengeschaltete Behälter von bestimmter Größe gemessen, die auf der Aufgabesohle aufgestellt waren. Als günstig zeigte es sich, wenn man das Öl unter einem Drucke von 8 at dem Ofen zuführte. Die verwendete Holzkohle war sehr gut und der Kalkstein rein. Durch drei an verschiedenen Stellen angebrachte elektrische Thermometer wurde die Temperatur im Hochofen festgestellt. Abstiche wurden alle 3 h vorgenommen.

Damit sich das Masut entzündet, ist es erforderlich, daß es in feinverteiltem Zustand bei einer Temperatur von 80 °C (bei geringerer Temperatur ist die Dickflüssigkeit zu groß) durch einen mit möglichst kleiner Öffnung versehenen Injektor in ein Rohr gespritzt wird, von wo es mit Luft vermischt, in den Ofen gelangt. Der Rohrquerschnitt beim Ofeneintritt wurde so gewählt, daß keine Druckabnahme eintrat. Damit sich die Flammen im Rohr gut entwickeln, wurde für dieses die Form zweier mit der Grundfläche aneinandergesetzter, abgestumpfter Hohlkegel gewählt, wobei das Rohr aus feuerfestem Stoff hergestellt wurde; auch die Düse war mit solchem verkleidet. An Stelle der Windformen wurden zwei derartige ungefähr 2 m lange Rohre eingesetzt, die besonders gut befestigt werden mußten, da die durch die heftigen Entzündungen des Öles hervorgerufenen Schwingungen sehr stark waren. Durch eine Öffnung konnte der Injektor überwacht und durch einen besondern Verschluß die Injektoröffnung gereinigt werden.

Beim Betrieb des Ofens mit Masut zeigten weder die Gase noch der Gichtstaub irgendwelche Abweichungen gegenüber dem bisherigen Betrieb. Man fand vielmehr, daß das Roheisen verfeinert wurde. Der Silizium-Gehalt wurde von 2 auf 0,5 vH, der Mangangehalt von 7 auf 4 vH und der Kohlenstoffgehalt auf 1,3 vH verringert. Um ein Eisen mit einem Mangangehalt von 7,5 vH zu erhalten, waren bei Masutfeuerungen nur 12 vH Bestandteile Holzkohlen erforderlich. Dies wurde dadurch festgestellt, daß man die Holzkohlenbestandteile gleich ließ, während die Eisenmengen geändert wurden. Es ergab sich, daß 1 kg Masut 1,5 kg Holzkohle gleichzusetzen ist. („Revue de Métallurgie" Bd. 21 (1924) S. 624.) [N 341] Gw.

Die chemische Analyse als Abnahmeprüfung.

Mitteilung aus der Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart.

In neuerer Zeit tritt das Bestreben zutage, die chemische Analyse in Abnahmebedingungen aufzunehmen. Das gilt auch für die Kesselbleche. Um einen Beitrag dafür zu liefern, wieweit Chargenanalysen mit den Analysen zusammenstimmen, die von einzelnen Blechteilen stammen, hat die Anstalt 4 Bleche von höherer Festigkeit untersucht. Für Phosphor- und Schwefelgehalt dieser Bleche ergaben sich die im folgenden unter Ch angeführten Werte. Sodann wurden einem Probestab Späne entnommen. Diese ergaben in einer Staatlichen chemischen Anstalt die unter I angeführten Werte und in einem großen Hüttenwerk die unter II angeführten Werte.

			Ch	I	II
Blech A	Phosphor	vH	0,021	0,037	0,026
	Schwefel	„	0,034	0,029	0,025
Blech B	Phosphor	„	0,021	0,044	0,032
	Schwefel	„	0,034	0,033	0,033
Blech C	Phosphor	„	0,016	0,029	0,020
	Schwefel	„	0,034	0,023	0,020
Blech D	Phosphor	„	0,022	0,043	0,037
	Schwefel	„	0,036	0,032	0,028

Für Phosphor in Blech A liefert z. B. die Chargenanalyse 0,021 vH, die Anstaltanalyse I 0,037 vH und die Werkanalyse II 0,026 vH. Der Unterschied beträgt insgesamt 0,016 vH und zwischen den beiden Versuchsanstalten 0,011 vH. Hiernach schwanken die Angaben über den Phosphorgehalt bei gleichem Spanmaterial um rd. 40 vH.

Die andern Bleche liefern ganz entsprechendes.

Demgemäß muß man bei der Festsetzung von Grenzwerten mit der äußersten Vorsicht verfahren.

Der Vollständigkeit halber sei noch bemerkt, daß die Proben bei Blech A und C aus der Mitte des Fußendes, bei Blech B und D aus der Mitte des Kopfendes entnommen wurden. Die Werte zeigen, daß die deutschen Hüttenwerke Blech mit recht geringen Verunreinigungen erzeugen können.

[N 357] Richard Baumann.

RUNDSCHAU.

Aus dem Ausland.

Eisenbahnwesen.

Neue turbo-elektrische Lokomotive.[1])

Die neue amerikanische Turbinenlokomotive von Ramsay, Abb. 1, weicht insofern grundsätzlich von den übrigen augenblicklich gebauten Turbinenlokomotiven ab, als hier die Kraft elektrisch übertragen wird. Der vordere Teil der Lokomotive trägt den Kessel, das Führerhaus, die Hauptturbodynamo und die Hilfsturbodynamo, die unter dem Kessel liegt. Auf dem hinteren Teil der Lokomotive, der mit dem vorderen durch ein Gelenk verbunden ist, sitzt die Kondensationsanlage mit den dazugehörigen Hilfseinrichtungen. Auch Kohlenbunker und Wassertank sind hier untergebracht. Die Verbindung zwischen der Turbine und dem Kondensator wird durch einen biegsamen Abdampfstutzen von 60 cm Dmr. aufrecht erhalten.

Jeder Teil der Lokomotive trägt zwei Treibmotoren. Über eine Blindwelle hinweg wird deren Energie in der üblichen Weise auf die Treibräder übertragen. Das Zwischengetriebe hat eine Übersetzung von 2,8 : 1. Als Hauptantriebturbine wurde eine Gleichdruckturbine mit neun Stufen gewählt, bei der der Durchmesser des größten Schaufelkreises 900 mm beträgt. Man hat einen Anfangsdruck von 14 at Überdruck und eine Überhitzungstemperatur von 290 °C bei einer Luftleere von etwa 0,1 at abs vorgesehen. Die Umlaufzahl der Turbine, die elastisch mit einem Drehstromerzeuger gekuppelt ist, beträgt beim Anfahren und bei Langsamfahrt 1800 und bei einer Geschwindigkeit von 96 km/h 3600 Uml./min. Der Drehstromerzeuger leistet 890 kW bei 600 V. Die einstufige Hilfsturbine ist unmittelbar mit einem kleineren Stromerzeuger gekuppelt, der Energie für die verschiedenen Hilfsmaschinen und für die Lichtanlagen liefert. Die größte Zugkraft der Maschine beim Anfahren beträgt 10 000 kg und bei der Regelgeschwindigkeit (96 km/h) 2700 kg.

Besondere Schwierigkeiten bot wie bei allen Turbinenlokomotiven die Ausbildung des Kondensators. Ausgiebige Versuche ließen hierfür eine gänzlich neue Form finden. Man entschloß sich zur unmittelbaren Kühlung des Abdampfes durch verdunstendes Wasser ohne Anwendung einer Rückkühlanlage, wie solche z. B. von der Kruppschen Turbinenlokomotive her bekannt ist. Um das Niederschlagen des Dampfes recht wirksam zu gestalten, läßt man ihn durch ein Rohrbündel treten, das die Oberfläche einer Hohltrommel bildet. Eine dünne Wasserschicht wird dauernd auf den Oberflächen der aus Messing bestehenden Rohre dadurch gehalten, daß die Trommel sich ständig um ihre Längsachse dreht wobei die Rohre in ihrer untersten Lage durch ein Wasserbecken streichen. Ein Lüfter sorgt für den Zutritt der nötigen Verdunstungsluft. Die Verdunstungsoberfläche beträgt etwa 37 m².

Die Geschwindigkeiten werden in gewohnter Weise durch Schalten einer Meisterwalze beim elektrischen Teil der Lokomotive und durch Zwischenschalten von Düsengruppen im Dampfteil geregelt. Umfangreiche Versuche sollen die praktische Brauchbarkeit der neuen Turbinenlokomotive ergeben haben. Besonders wird hervorgehoben, daß die Luftleere außerordentlich gut auf etwa 68 cm Q.-S., entsprechend ungefähr 45 °C, gehalten werden konnte. Die Bedienung erfolgte bei allen Versuchsfahrten durch zwei gewöhnliche Lokomotivbeamte und soll keinerlei Schwierigkeiten bereitet haben. [M 209] Dr. Gs.

Amerikanische elektrische Hauptbahnlokomotiven.

In einer längeren Betrachtung schildert Armstrong[2]) den mechanischen Aufbau elektrischer Lokomotiven für schweren Hauptbahnbetrieb. Der Verfasser behandelt den Stoff vom Standpunkte der General Electric Co., die bekanntlich den Gleichstrom als geeignetere Stromart für Vollbahnen hält. Gegenüber der Dampflokomotive gewährt die elektrische Lokomotive einen freieren Ausblick auf die Strecke, die Fahrtrichtung ist nicht durch Rücksichtnahmen auf Steuerung der Maschine und Feuerungsöffnung des Kessels bei Rückwärtsfahrt beschränkt. Zwei Bauarten sind beliebt: 1. Die Turm-Bauart mit einem höheren Führerhaus in der Mitte der Lokomotive und niedrigeren Vorbauten an den Enden, und 2. die Kasten-Bauart mit gleichmäßig hohem Kastenaufbau und getrennten Führerständen an den Stirnwänden. Beide Bauarten gestatten eine symmetrische Radanordnung, die namentlich bei Geschwindigkeiten von 80 bis 120 km/h das Umsetzen der Lokomotive vermeidbar macht. Der mechanische Aufbau einer Elektrolokomotive hängt mit der Wahl der Stromart, der Steuereinrichtungen und namentlich der Antriebsanordnung der Motoren eng zusammen. Die Straßenbahn-Aufhängung der Motoren ist durch die Spurweite und den Raddurchmesser, sowie den Radstand beschränkt. Bei Achsdrücken von 18 t ab spielt bei hohen Leistungen auch die Stromart eine Rolle. So war es beispielsweise noch möglich, bei der Güterzuglokomotive der Chicago-Milwaukee-St. Paul-Bahn die 25 t-Treibachsen durch einen Gleichstrom-Vorgelegemotor mit Straßenbahnaufhängung anzutreiben; hingegen war es unmöglich, einen gleichwertigen Einphasenmotor gleicher Bauart einzubauen. Der Einphasenstrom erlaubt auch nicht, die bekannte zweipolige Anordnung mit auf der Achse aufgekeiltem Anker und Polen im Gehäuserahmen anzuwenden, die unter dem Namen „New Yorker Centralbahn-Antrieb" allgemein bekannt geworden ist[3]) und neuerdings bei der Chicago-Milwaukee-Bahn und der Paris-Orléans-Bahn von der General Electric Co. angewendet wurde. Hingegen sind alle Bauweisen für Einphasenlokomotiven auch für Gleichstromausrüstungen brauchbar.

Eine Dampflokomotive stellt eine in sich abgeschlossene Kraftanlage dar, die um so günstiger wirkt, je größer ihre Leistung wird. Die Größe der Leistung ist besonders in Amerika ausschlaggebend, da der Brennstoff billig und reichlich vorhanden, die Wärmewirtschaft daher von geringerer Bedeutung ist und es vorteilhafter erscheint, mit möglichst wenig Mannschaft viel Lokomotivleistung zu bedienen. Daher geht die amerikanische Gepflogenheit dahin, schwere 1 E 1- und Mallet-Lokomotiven mit höchsten Achsdrücken und größter Achsenzahl zu verwenden. Entgegen der Dampflokomotive führt die Elektrolokomotive ihre Krafterzeugungsanlage nicht mit, der Elektromotor eignet sich vorzüglich zum Antrieb und hat praktisch auch bei kleineren Einheitsleistungen denselben Wirkungsgrad wie eine einzelne große Maschine. Hieraus ergibt sich große Freiheit im Entwurf großer Lokomotiven, jede Achsenanordnung, die eisenbahntechnisch erwünscht ist, ist ausführbar, und jede beliebige Achsenzahl kann zu einer Einheit verbunden werden, da die elektrische Steuerung durch einen einzigen Mann erfolgen kann. Die Grenze liegt nur in der Rücksicht auf die Tragfähigkeit des Oberbaues. Man unterscheidet vier Antriebanordnungen:

1. Zahnradvorgelege (Straßenbahnbauart) ein- oder doppelseitig für Achse und Motor,
2. Zahnradvorgelege und konzentrische Hohlwelle um die Treibachse (Westinghouse-Sécheron-Bauart),
3. Kuppelstange zwischen Achsen und Blindwelle, letztere über Vorgelege mit hochgelagertem Motor verbunden.
4. Unmittelbar treibender Achsmotor.

Antrieb 1 wird benutzt bei Achsdrücken bis 20 t mit einseitigem, und bis 29 t bei zweiseitigem Vorgelege, z. B. bei der Chicago-

[1] Vergl. „Railway Age" Bd. 78 (1925) S. 177
[2]) „Mechanical Engineering", New York, Bd. 46 Oktober 1924
[3]) „Elektrische Bahnen und Betriebe" (1905) Heft 30/31 und Bd. 11 (1913) Heft 17.

Abb. 1. Neue turbo-elektrische Lokomotive von Ramsay.

Abb. 2. Schnitt durch ein Untergestell der Chicago-Milwaukee-Güterzuglokomotive

Abb. 3. 1500 V-Gleichstromlokomotive der Paris-Orléansbahn.

gleichmäßig etwa 90 vH, so daß die verschiedensten Zuglasten über gebrochene Streckenprofile befördert werden können, falls nicht zu zahlreiche Haltepunkte vorkommen.

Weiterhin behandelt Armstrong zwei wichtige Punkte bei der Beanspruchung elektrischer Lokomotiven: Das Gleiten der Treibachsen und die Motorerwärmung.

Die Reibungsziffer schwankt von über 40 vH bei trockenen Schienen, bis etwa 10 vH bei Graupelregen oder Schnee. Zahlreiche Erfahrungen der verschiedensten Betriebe zeigen als brauchbare Berechnungsziffer 18 vH, wenn unveränderliche Fahrgeschwindigkeit eingetreten ist, und 25 vH beim Anfahren oder Bremsen. Über die Bemessung der Motoren sagt Armstrong nur dasselbe, was wir in Europa ebenfalls schon wissen. Bei Güterzuglokomotiven empfiehlt es sich, der Motorbeanspruchung eine Reibungsziffer von nur 14 vH zugrunde zu legen. Der unmittelbar gekuppelte Achsmotor zeigt eine größere Zeitspanne zwischen auftretender Last und Temperaturerhöhung (Temperaturkonstante) als neuzeitliche, luftgekühlte Vorgelegemotoren (10 bis 20 vH gegenüber 5 bis 10 vH). Der Aufsatz enthält eine ausführliche Zahlentafel über alle wichtigen Kenngrößen von zwölf neueren Bauarten elektrischer Lokomotiven.

Zur Feststellung der Achsdrücke in senkrechter und wagerechter Richtung, wie sie im wirklichen Betrieb auftreten, ist auf der erwähnten Versuchstrecke der Eriebahn eine neue Meßeinrichtung eingebaut, der sogenannte „Otheograph", bestehend aus 25 einzelnen, je etwa 0,5 m langen Schienenpaaren, die beweglich sind und durch eine Schreibvorrichtung den Seitendruck und Gewichtdruck in Abhängigkeit der entstandenen Verschiebung erkennen lassen. Das Ergebnis ist eine Kurve, welche die betreffenden Drücke über der Länge der Otheographen-Fahrbahn als Abszissenachse zeigt. Die hierdurch ermöglichte Feststellung der Laufeigenschaften von Eisenbahnfahrzeugen durch Versuche im wirklichen Betriebe ist sehr wertvoll.

[M 906] A. Marschall.

Milwaukee-Güterzuglokomotive: Raddurchmesser 1,320 m, Übersetzung 82 : 18, Motordrehmoment dauernd 652 mkg bei 455 Uml./min. Hierbei Zugkraft je Treibachse 4500 kg, größte Anfahrzugkraft 6400 kg bei einem Achsdruck von 25,5 t. Zweiseitiges Vorgelege, künstliche Kühlung, Stundenleistung 1,05fach der Dauerleistung! Zur gleichmäßigen Verteilung der Zahndrücke an den beiden Zahnradvorgelegen ist der Einbau kleiner Schraubenfedern im großen Zahnrad zweckmäßig, Abb. 2. Diese Anordnung hat die Verwendung der Bauart für größte Leistungen ermöglicht. Zweiachsige Drehgestelle lassen sich für Ausrüstungen mit zwei, vier und acht Motoren in einfachster Weise zusammenstellen, für Sechsmotor-Ausrüstungen kommen dreiachsige Drehgestelle in Anwendung, z. B. bei Lokomotiven der Spanischen Nordbahn und der Mexikanischen Eisenbahngesellschaft.

Antrieb 2 eignet sich mehr für Einphasenmotoren, weil es hier ermöglicht wird, diese Motoren für den Einzelantrieb in der gleichen einfachen Weise wie bei Antrieb 1 mit Gleichstrommotoren zu verwenden. Die nachgiebige Kupplung zwischen Treibachse und Hohlwelle erlaubt die vollständige Abfederung des ganzen Motors, den Zusammenbau zweier kleinerer Motoren in einem Gehäuse, das Arbeiten zweier Motorritzel auf ein gemeinsames Hohlwellenzahnrad, und, im Gegensatz zu Antrieb 1, einen freien Durchblick zwischen Treibachsen und Bahnkörper. Dieser Durchblick ist übrigens bei Gleichstrom-Achsmotoren im Raume zwischen Treibachsen und Unterkante des Lokomotivkastens auch möglich, wenn der Kasten, wie bei den Güterzuglokomotiven der Chicago-Milwaukee-Bahn, durch hohe Drehzapfenpfannen oder dergl. gehoben wird. Hierdurch wird nicht nur der Durchblick, sondern auch das Durchstreichen der natürlichen Zugluft erleichtert, wodurch also verbesserte natürliche Kühlung der Motoren erreicht wird.

Der Hohlwellenantrieb gestattet nicht die gänzlich freie Beweglichkeit der Treibachsen in senkrechter Richtung wie bei Antrieb 1, da Rücksichten auf die größte erlaubte Exzentrizität von Hohlwelle und Treibachse zu nehmen sind und im Betriebe hierauf ständig zu achten ist.

Über Antrieb 3, den in Europa namentlich bei Wechselstrombahnen gebräuchlichen Antrieb mit Kuppelstangen und Blindwelle äußert Armstrong dasselbe, was auch bei uns gesagt wird. Die General Electric Co. hat für die New York-, New Haven- and Hartford-Bahn Güterzuglokomotiven dieser Bauart geliefert mit je einem Motor mit Blindwellenvorgelege für jede der vier Treibachsen und zwei Laufdrehgestellen an den Enden der symmetrischen Doppellokomotive.

Antrieb 4, der unmittelbare Achsantrieb, wird sehr empfohlen. Abb. 3 zeigt eine für die Paris-Orléans-Bahn gelieferte Lokomotive, die somit die erste dieser Bauart in Europa ist. Stunden-Motorleistung 350 PS und 325 PS dauernd bei 91 bzw. 93,3 km/h. Am Radumfang bei 1,2 m Dmr. beträgt die Zugkraft 10 320/9650 kg. Künstliche Kühlung ist vorhanden. Versuche mit dieser Lokomotive auf der Eriebahn ergaben Geschwindigkeiten bis 170 km/h, ohne daß Unzulässigkeiten bezüglich der Oberbaubeanspruchungen bemerkt wurden. Die Bauart ist seit 18 Jahren bei der New Yorker Centralbahn mit 75 Lokomotiven in Betrieb und zeigt sehr geringe Unterhaltungskosten. Sie eignet sich besonders für Schnellzuglokomotiven, auch aus dem Grunde, weil die gedrängte Motoranordnung dem Konstrukteur jede gewünschte Radanordnung erlaubt. Der Wirkungsgrad beträgt in weiten Belastungsgrenzen

Luftfahrt.

Eine neue Brennstoffpumpe für Vergasermaschinen.

Auf der Pariser Luftfahrt-Ausstellung 1924[1]) wurde eine Brennstoffpumpe gezeigt, womit die meisten französischen Flugmotoren ausgerüstet werden, die sich aber in gleicher Weise für alle anderen Vergasermaschinen eignet. Ihre außerordentliche Verbreitung spricht dafür, daß sie eine beachtenswerte und scheinbar auch bewährte Neuerung ist.

Die Pumpe, Abb. 4 und 5, besteht aus zwei Hauptteilen, der eigentlichen Pumpe und der Regelvorrichtung. Den Pumpenraum bilden der starre äußere Pumpenkörper *a* und der blasebalgähnliche Kolben *b* aus dünnem elastischen Blech. Der Brennstoff tritt über ein Filter und das Saugventil *c* ein und durch das Druckventil *d* aus. Der Abwärtshub des elastischen Kolbens erfolgt zwangschlüssig durch die Kurbelschleife *e*, worin sich das Exzenter *i* dreht, der Rückhub unter der regelbaren Spannung der Feder *g*. Der Antrieb wird dem Motor angepaßt, kann aber auch durch biegsame Welle bewirkt werden. Die Antriebdrehzahl darf 900 Uml./min nicht überschreiten und wird durch ein Schneckenvorgelege weiter herabgesetzt.

Besonders beachtenswert ist die Regelung der Fördermenge. Die große Weite der Kurbelschleife *e* verhindert, daß sich die Kolbenbewegung vollkommen zwangschlüssig vollzieht. Braucht der Motor weniger Brennstoff als die volle Fördermenge eines ganzen Hubes, was meist der Fall sein wird, so läuft das Exzenter *i* über einen gewissen Winkel leer, und die Förderung erfolgt nur unter dem Druck der Feder *g*, deren Spannung mittels der Schraube *h* auf den Gegendruck der Schwimmernadel im Vergaser eingestellt wird. Diese Art der Regelung ist das wesentlich Neue der Pumpe, weil hier die Fördermenge eine Funktion des Verbrauchs und unabhängig von Drehzahl und Flughöhe ist. Gleitende Reibung brennstoffbenetzter Flächen ist peinlichst vermieden, was zum Erfolg dieser Konstruktion wesentlich beigetragen haben dürfte.

[1]) vergl. a. S. 425.

a äußerer Pumpenkörper
b blasebalgähnlicher Kolben
c Saugventil
d Druckventil
e Kurbelschleife
f Öffnung der Kurbelschleife
g Feder
h Schraube zum Einstellen der Spannung der Feder g
i Exzenter.

Abb. 5. Neuartige Brennstoffpumpe für Vergasermaschinen, vergl. Abb. 4.

Einiges Mißtrauen bedingen der elastische Kolben und die leider notwendigen Ventile. Bei den größeren Motoren sind jedoch zwecks höherer Betriebsicherheit zwei Pumpen vorhanden, Abb. 4, wovon eine allein den Betrieb aufrecht erhalten kann.

Bekanntlich ist beim Luftfahrzeug die Brandgefahr wegen der für Flugmotoren gebräuchlichen leichtflüchtigen Brennstoffe und ihrer üblichen Förderung unter Druck nicht gering, weil der Brennstoff bei einem Rohrbruch in vollem Strahl ausfließt. Die Anwendung einer Pumpe gestattet dagegen, im größten Teil der Brennstoffleitung Unterdruck herzustellen und wird für Motoren höherer Leistung immer möglich und lohnend sein. Bis zu rd. 150 PS werden allerdings Gewicht, Kosten und Zweck des Flugzeuges über Möglichkeit und Notwendigkeit einer Pumpe entscheiden. [M 85] Dipl.-Ing. F. G o s s l a u.

Abb. 4. 350/400 PS = Hispano-Suiza-Motor (für Flugzeuge) mit zwei Brennstoffpumpen, System A. M. und Druckluft-Anlasser.

Schiffs- und Seewesen.

Das Fahrgastmotorschiff „Aorangi".

Alle englischen Fachzeitschriften haben im vorigen Monat über das neue, bei der F a i r f i e l d S h i p b u i l d i n g & E n g i n e e r i n g C o. gebaute Fahrgastmotorschiff „A o r a n g i", Abb. 6, der U n i o n S t e a m S h i p C o. o f N e w Z e a l a n d L t d. berichtet mit Rücksicht darauf, daß dieses Schiff heute das größte und schnellste Motorschiff der Welt ist.

„Aurangi" wird zwischen Vancouver—Fiji—Honolulu—Auckland und Sidney verkehren. Es hat 177 m Länge zwischen den Loten, 22,2 m Breite, 14,2 m Raumtiefe, 23 300 t Verdrängung bei 8,5 m Tiefgang und 17 500 B.-R.-T. Raumgehalt. Die Meilenfahrt ergab 18,234 Kn Geschwindigkeit mit 15 500 PS$_i$ bzw. 12 400 Wellen-PS bei 125,4 Uml./min der Schraubenwellen, die 60stündige Fahrt auf See 17,91 Kn mit 15 300 PS$_i$ bzw. 12 200 Wellen-PS und 123 Uml./min. Der Ölverbrauch der Hauptmaschinen betrug hierbei 179 g/WPSh, der der Hilfsmaschinen 16,3 g auf 1 Wellen-PSh der Hauptmaschine.

Besonders hervorgehoben wird von der Zeitschrift „Shipbuilding and Shipping Record", daß der Gesamtwirkungsgrad des Antriebs zu über 58 vH festgestellt sei, während das deutsche Linienschiff „Baden" nur etwa 42,5 vH erreicht habe. Der Antrieb bei „Baden" wäre also hiernach 27 vH schlechter als bei „Aorangi", was dem englischen Gemüt genügen mag. „Fair play" wäre es an der genannten Stelle gewesen, wenn man wenigstens die Abmessungen der Schrauben der „Aorangi" angegeben hätte, damit man die Angabe auf ihre Stichhaltigkeit nachprüfen kann.

Die Hauptmaschinen sind sechszylindrige Zweitaktmaschinen der bewährten Bauart Sulzer mit 700 mm Zyl.-Dmr. und 990 mm Hub. Die erste der vier Maschinen hat auf dem Versuchsfeld mit 152 Uml./min 4800 PS$_i$ zwei Stunden lang geleistet.

Abb. 6. Fahrgastmotorschiff „Aorangi" der Union Steam Ship Co. of New Zealand Ltd.

Abb. 8. Eisenbeton-Bogenbrücke mit ungewöhnlicher Fachwerkkonstruktion.

Abb. 7. Maschinenraum des Motorschiffes „Aorangi“.

a Dieseldynamo
b Hilfskessel
c Brennstoffzelle für Kesselheizung
d Speisepumpen
e Hilfskondensator
f Luftpumpe
g Ballastpumpe
h Dampfdynamo
i Spülpumpen
k Kühlwasserfilter
l Schaumlöschgerät
m Hauptmaschinen
n Pumpen mit Dampfantrieb
p Pumpen mit Motorantrieb

Die vier Motoren für den Schraubenantrieb sind im Hauptmaschinenraum nebeneinander aufgestellt. Die vier Dieseldynamos von je 300 kW Leistung stehen im Hilfsmaschinenraum 20 Spanten weiter nach vorn, Abb. 7. Aus dem Hilfsmaschinenraum ist der Raum für zwei Zylinderkessel ausgespart.

Zwischen dem Haupt- und dem Hilfsmaschinenraum, die durch einen Rohrtunnel miteinander in Verbindung stehen, befinden sich Ölzellen. Weitere befinden sich im Doppelboden.

Die Schiffsleitung ist auf dem Bootsdeck untergebracht; Räume für Fahrgäste sind auf vier Decks vorhanden. Da zwei sehr gering bemessene Maschinenschächte genügen, ist viel Deckraum gewonnen worden, wodurch die Zahl der „Dunkelkammern“ sehr groß ausgefallen ist. („The Marine Engineer“ Januar 1925, „Shipbuilding and Shipping Record“ vom 1. Januar 1925, „Shipbuilder“ Januar 1925.) [M 129]

Bauingenieurwesen.

Ungewöhnliche Fachwerkbogen-Konstruktion einer Eisenbetonbrücke.

In einem wenig besiedelten Teil der Stadt Portland (Oregon, Nordamerika) ist eine Eisenbetonbrücke erbaut worden, die aus einem 45,6 m gespannten Parabelbogen mit 10,6 m Pfeilhöhe als Untergurt, wagerechtem Obergurt und einer Fachwerkaussteifung von senkrechten und schrägen Stäben besteht, Abb. 8.

Die Fahrbahn ist 35,4 m, der Fußweg 1,22 m breit. Um das Gewicht der Fahrbahn zu vermindern, hat man die Hauptträger in nur 3,65 m Abstand voneinander angeordnet, so daß ein Teil des Fahrweges nach der einen, der Fußweg nach der andern Seite auskragt; ferner hat man hochwertigen Beton verwendet, dessen Festigkeit durch Prüfung vor und während der Bauausführung sorgfältig festgestellt wurde. Die durchschnittliche Bruchbelastung betrug rd. 1180 kg/cm² nach 7 Tagen und 1880 kg nach 28 Tagen Erhärtungsdauer, bei Proben während der Ausführung noch mehr, nämlich 1450 kg bzw. 2440 kg/cm².

Von den Probezylindern mit 28tägiger Erhärtungsdauer erreichten einige die Belastungsgrenze der Prüfmaschine, ohne zu brechen. Der Bogen war für Eigenlast als Dreigelenkbogen berechnet und entworfen. Nach Eintritt der vollen Eigenlastwirkung wurde das mittlere Gelenk einbetoniert. Für die beweglichen Lasten und Temperaturschwankungen wurde das System als Zweigelenkbogen behandelt.

Die Eisenbewehrung ging durch den Obergurt und den Untergurt ohne Unterbrechung hindurch. Sie wurde vor der Betonierung in ihre vorgeschriebene Lage gebracht. Dies erfolgte zugleich von beiden Widerlagern aus in 8 h zur Mitte fortschreitend. Die senkrechten und schrägen Streben wurden zusammen mit der Fahrbahn zu späterer Zeit betoniert. Als Baugerüst wurde eine alte Holzbrücke, die bisher an der Stelle der neuen Brücke stand, mit großer Kostenersparnis benutzt. („Engineering News-Record“ Bd. 93 (1924) Nr. 9.) [M 1008] Bu.

Werkzeugmaschinen für den Wasserturbinenbau.

Zu dem Aufsatz von O. Meyer in Z. Nr. 9 S. 295 haben wir noch nachzutragen, daß die in diesem Aufsatz beschriebenen und abgebildeten Maschinen in den Werkstätten der Firma Fritz Neumeyer A.-G., München-Freimann, benutzt werden. [N 375]

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Dampf- und Gasturbinen. Von A. Stodola. Nachtrag zur 5. Auflage nebst Entropietafel für hohe Drücke und *B'T*-Tafel zur Ermittelung des Rauminhaltes. 32 S. mit 37 Abb. und 2 Taf. Berlin 1924, Julius Springer. Preis Gm. 3.

Bereits zwei Jahre nach der 1922 erschienenen, rasch vergriffenen 5. Auflage ist die 6. Auflage dieses für jeden Turbinenfachmann unentbehrlichen Lehrbuchs erschienen. Sie besteht aus einem unveränderten Abdruck der 5. Auflage, ergänzt durch eine Reihe neuer Abschnitte. Die neu hinzugekommenen Abschnitte sind außerdem in einem Sonderdruck erschienen, so daß die Besitzer der 5. Auflage nicht nötig haben, sich das ganze umfangreiche Werk noch einmal anzuschaffen.

Der erste Abschnitt behandelt die Entropietafel für hohe Drücke, die sich bis in das Gebiet der höchsten Drücke erstreckt und dem Ingenieur die Möglichkeit gibt, sich über die bei Höchstdruckanlagen zu erwartende Wirtschaftlichkeit durch Rechnung ein Bild zu machen. Der Verfasser weist jedoch ausdrücklich darauf hin, daß man bei Drücken von mehr als 30 at von der Entropietafel nicht mehr verlangen darf, als eine Extrapolation bieten kann, nämlich ein System von wahrscheinlichen, in sich selbst widerspruchfreien Werten. Da in der nächsten Zeit wahrscheinlich Versuche mit Höchstdruckkesseln und Höchstdruckdampfmaschinen zu erwarten sind, wird man sich bei der Auswertung der Versuche daran erinnern müssen, um eine Über- oder Unterschätzung der aus den Versuchen errechneten Wirkungsgrade zu vermeiden.

Es schließen sich an: Untersuchungen über die Wellenreflexion an der Strahlengrenze und die auf Reflexion beruhende Prandtlsche Schaufelströmung. Bei der Besprechung der von der Institution of Mechanical Engineers 1922/23 ausgeführten Versuche an Leitvorrichtungen für Gleich- und Überdruckturbinen hebt der Verfasser hervor, daß das auffallende Steigen der Geschwindigkeitszahl φ bei kleinen Geschwindigkeiten der Theorie der Reibung und den sorgfältigen Messungen von Bachmann und Ombeck widerspricht. Die Bedeutung dieser Versuche wird in der Literatur gelegentlich überschätzt.

Von weiteren Abschnitten seien besonders genannt: die Untersuchungen über die kritischen Schwingungserscheinungen, über Scheibenschwingungen, über den Dampfspeicher von Ruths, über die Turbinenlokomotive von Ljungström, über Ablöserscheinungen in Kreiselverdichtern und über Wärmeströmung in Scheiben und Welle, dreidimensional behandelt. Zum Schluß werden noch die Aussichten der Wärmekraftmaschine besprochen, wobei über Fortschritte der Gasturbine leider nicht viel berichtet werden kann; kurz besprochen werden noch der Atmos- und der Benson-Kessel, die Speisewasservorwärmung mittels Anzapfdampfs, die Zwischenüberhitzung und die Vorschaltturbine bei Hochdruckanlagen.

Schon diese kurze Aufzählung der hauptsächlichsten neuen Abschnitte zeigt, welche Fülle von neuem Stoff auf den wenigen Seiten des Nachtrages zusammengedrängt ist. Über eine Reihe von Neuerungen, deren Erprobung noch aussteht, konnte naturgemäß nur kurz berichtet werden. Mit Spannung kann man daher der nächsten 7. Auflage entgegensehen, in der, wie zu erwarten ist, auch die augenblicklich im Versuchstand befindlichen Neuerungen ausführlicher behandelt sein werden.
[E 231] Dr.-Ing. G. Forner.

Der Wärmeübergang an einer ebenen Wand. Von Dr.-Ing. Walter Jürges. München-Berlin 1920, R. Oldenbourg. (Reihe 1, Beiheft 19 zum Gesundheits-Ingenieur.) 52 S. mit 27 Abb. Preis geh. Gm. 3,60.

Die vorliegende Druckschrift enthält den ausführlichen Bericht über die Versuche des Verfassers, um den Wärmeübergang zwischen einer ebenen, senkrecht stehenden Platte und ruhender oder parallel vorbeiströmender Luft zu bestimmen. Durch einen Kunstgriff erreichte er eine sehr gleichartige Strömung, an die elektrisch geheizte Kupferplatten von $0,5 \times 0,5\ m^2$ Oberfläche Wärme abgaben. Die Wärmeverluste dieser Platten, insbesondere durch Strahlung, wurden genau bestimmt. Die Versuche haben für ruhende Luft (natürliche Konvektion) die bekannten Werte von Nusselt und von Hencky bestätigt, für strömende Luft zu einfachen Formeln der Wärmeübergangzahl, abhängig von der Luftgeschwindigkeit und der Oberflächenbeschaffenheit der Platten (poliert, gewalzt, gerauht), geführt. Nach den offenbar sehr sorgfältigen Messungen des Verfassers scheint die Wärmeübergangzahl größer als nach den Berechnungen von Latzko und geringer als nach den Messungen von Nusselt und von Recknagel zu sein, während die Werte von Wierz bei Geschwindigkeiten unter 12 m/s zu hoch, oberhalb 16 m/s zu tief liegen. Durch die Rauhung der Oberfläche vergrößert sich — ebenfalls entgegen früheren Annahmen — der Wärmeübergang.
[E 214] Max Jakob.

Elektrochemie nichtwässeriger Lösungen. Von Prof. Paul Walden. Band XIII des von G. Bredig herausgegebenen Handbuches der angewandten physikalischen Chemie. Leipzig 1924, J. A. Barth. 515 S. m. Abb. im Text. Preis geh. Gm. 24, geb. Gm. 28.

Das Buch bildet das Gegenstück zum ersten Band des im Untertitel genannten Handbuches der Elektrochemie wässeriger Lösungen von F. Förster. Es hätte nicht wohl einen besser geeigneten Verfasser finden können, als es P. Walden ist. Hat doch dieser durch ein hervorragendes experimentelles Geschick ausgezeichnete Forscher, wie die Durchsicht der namentlich im ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts erschienenen Bände der Zeitschrift für physikalische Chemie erkennen läßt, ein gut Teil seiner Lebensarbeit auf die Erforschung des Verhaltens der Elektrolyte in nicht wässerigen Lösungsmitteln beim Stromdurchgang verwendet und damit ein Gebiet erschlossen, das bis zum Beginn seiner Untersuchungen nur wenig beachtet worden war, seitdem aber eifrig bearbeitet wird.

Die einzelnen Abschnitte des Buches geben einen Überblick über alle dahin gehörenden Arbeiten mit genauen Literaturangaben, so daß das Werk allen Anforderungen, die an ein brauchbares Handbuch gestellt werden müssen, vollauf genügt. Der reichhaltige Stoff ist in zwölf Kapitel eingeordnet, von denen die ersten nach einer geschichtlichen Einleitung die Leitfähigkeit der nicht wässerigen Lösungen und mit ihr im Zusammenhang stehende Erscheinungen, wie Überführung, Wanderung und Solvation der Ionen behandeln. Die folgenden Kapitel sind dann der Elektrostriktion, dem Lichtbrechungsvermögen der Elektrolyte in nicht wässerigen Lösungen, der Farbe der Ionen, der Elektrolyse der in Rede stehenden Lösungen, den chemischen Reaktionen in ihnen und vielen andern derartigen Vorgängen gewidmet. Im Schlußwort kommt der Verfasser zu dem Ergebnis, daß „die Arrheniussche Theorie der elektrolytischen Dissoziation als der gegenwärtig am meisten zuverlässige Führer durch die geradezu verwirrende Mannigfaltigkeit der elektrolytischen Dissoziation in den nicht wässerigen Ionisierungsmitteln dienen kann und muß". [E 203] Böttger.

La soudure électrique à l'arc métallique. Von S. Frimaudeau. Paris 1925, Gauthier-Villars & Cie. 132 S. m. 80 Abb. Preis Fr. 10.

Das Buch muß als eine wertvolle Bereicherung des Schrifttums über die elektrische Schweißung bezeichnet werden. Der Verfasser versucht, die Berechnungsarten der Elektrotechnik in den Dienst der Schweißtechnik zu stellen, und zwar durchweg mit Erfolg. Daher geben die Betrachtungen über den Metalllichtbogen und die verschiedenen Arten der Schweißelektroden wertvolle Anregungen und brauchbare Versuchsergebnisse. Sehr kurz wird der eigentliche Schweißvorgang und seine Metallurgie betrachtet; metallographische Untersuchungen fehlen ganz. Ebenfalls ist die Schweißung von Grauguß stiefmütterlich behandelt. Die elektrischen Schweißmaschinen zur reinen Handschweißung und zum Schweißen mit Halb- und Ganzautomaten sind kurz, aber übersichtlich und vollständig besprochen. Zum Schluß berichtet der Verfasser eingehend auf rd. 25 Seiten über die Prüfung fertiger Schweißen mit Hilfe von Röntgenstrahlen und elektrischen und magnetischen Messungen. Die gezeigten Bilder beweisen, daß man gerade beim Untersuchen von Schweißungen von diesem neuen Untersuchungsverfahren sehr guten Gebrauch machen kann. Es wäre sehr zu wünschen, wenn man auch in Deutschland diesen Prüfverfahren für Schweißungen erhöhte Aufmerksamkeit schenken würde, wodurch man bessere Prüfverfahren erhält und dann die Schweißung mehr als bisher anwenden kann. Das kleine Heft kann den Fachgenossen zum Studium empfohlen werden. [E 177] Dr. Neese, Oberhausen.

Die Grundabwasserabsenkung in Theorie und Praxis. Von Dr.-Ing. Joachim Schultze. Berlin 1924, Julius Springer. 138 S. mit 76 Abb. Preis geh. Gm. 6, geb. Gm. 7.

Nachdem im letzten Jahrzehnt die Grundwasserabsenkung erheblich weiter fortgeschritten ist in der Entwicklung und sich als sicheres und wirtschaftliches Verfahren auch namentlich bei schwierigen Bauausführungen weiter bewährt, ja als unentbehrlich erwiesen hat, ist es zu begrüßen, daß die wissenschaftlichen und praktischen Ergebnisse der Arbeit auf diesem Gebiet in neuer Gestalt herausgebracht worden sind. Das Büchlein von Dr.-Ing. Schultze stützt sich auf die 1913 im gleichen Verlag erschienene, aber seit längerer Zeit vergriffene Arbeit von Kyrieleis, Grundwasserabsenkung bei Fundierungsarbeiten, bringt jedoch, der fortgeschrittenen Vervollkommnung des Verfahrens entsprechend, besonders aber in der Theorie, wesentlich Neues. Ausgehend von dem Darcyschen Grundgesetz wird die Differentialgleichung der Spiegelfläche des Grundwassers im Erdreich zwischen zwei verschieden hohen, offenen Wasserspiegeln aufgestellt, die Thiemsche Grundgleichung für die Spiegelfläche eines Einzelbrunnens abgeleitet sowie Reichweite und Ergiebigkeit des Einzelbrunnens und einer aus mehreren Brunnen bestehenden Anlage behandelt. Den verschiedenen Sonderfällen, wie Zweibrunnenanlage, Brunnen in artesischer Schicht, Brunnen in Gewässernähe u. a. sind mit Recht vom Verfasser besondere Erörterungen gewidmet worden, da durch diese das Verständnis der Theorie vertieft und ihre Nutzbarmachung für die Fälle der Praxis erleichtert wird.

In dem theoretischen Teil ist die wissenschaftliche Behandlung des Gebietes der Grundwassersenkung in einer bisher wohl noch nicht erreichten Ausführlichkeit erfolgt. Wenn auch im allgemeinen aus den einzelnen theoretischen Untersuchungen Folgerungen für die praktische Anwendung des Verfahrens gezogen werden, so würde doch der theoretische Teil den Leser aus der Praxis noch mehr fesseln und damit das Büchlein für die Praxis noch gewinnen können, wenn die einzelnen theoretischen Ableitungen unmittelbar durch Rechnungsbeispiele praktischer Fälle ergänzt und unterstützt würden.

Der der Ausführung gewidmete Teil bringt wohl erschöpfend, was über Ausbildung der Anlage und ihre Bestandteile für den interessierten Leser aus der Praxis wissenswert ist, insbesondere auch die neuesten Erfahrungen. Besonders wertvoll sind aber die Darstellungen der drei großen Ausführungen der Absenkung unter offenen Gewässern beim Bau der Berliner Untergrundbahnlinien sowie die Erörterung der dabei gewonnenen Erfahrungen.

Den Schluß bildet ein Abschnitt über Rechtsfragen. Ein ausführliches Schriftenverzeichnis ist angefügt. Die Ausstattung des Büchleins läßt der Gepflogenheit des Verlages entsprechend nichts zu wünschen übrig. Das Büchlein kann jedem, der mit Grundwasserabsenkungen zu arbeiten hat, empfohlen werden.
[E 185] Bu.

Jahrbuch des Reichsverbandes der Automobilindustrie, herausgegeben von Dr. C. Sperling und Dr. E. Valentin. Berlin 1925, Dr. Ernst Valentin. 496 S. m. vielen Abb. Preis geb. Gm. 14.

Mit diesem Werk ist das frühere „Jahrbuch der Automobil- und Motorboot-Industrie" (vergl. Z. Bd. 54 (1910) S. 1253) in neuer Form erstanden, und sein reicher, gut gewählter Inhalt beweist, daß es gut ist, von Zeit zu Zeit den Fortschritt auf einzelnen Gebieten des Kraftfahrzeugwesens zusammenzufassen. Neben den Betrachtungen über die Statistik der Kraftfahrzeuge und die neuere Entwicklung der Gesetzgebung sind namentlich die Einzelberichte über den Stand der Verwendung von Kraftwagen im städtischen Fuhrwesen, bei der Reichspost, bei der Berliner Omnibus-Gesellschaft und bei der Feuerwehr zu erwähnen, die die Entwicklung dieser Anwendungen bis in die neueste Zeit darstellen. Zu hoffen wäre, daß es den Herausgebern im kommenden Jahr gelingen möge, den nächsten Jahresband ähnlich anziehend und wissenschaftlich wertvoll zu gestalten. Das Buch ist gut ausgestattet; sein Preis könnte im Interesse der größeren Verbreitung niedriger sein, zumal die Kosten der Herausgabe zum Teil durch Anzeigen gedeckt wurden. [E 351] Dr. techn. A. Heller.

Die Unfallverhütung im Bilde. 50 Tafeln zur Verhütung von Unfällen. Bearb. von der Tiefbau-Berufsgenossenschaft. 2. verb. Aufl. Berlin 1925, Reimar Hobbing. Preis Gm. 12.

Die Tiefbau-Berufsgenossenschaft befaßt sich bereits seit längerer Zeit mit der Unfallverhütung durch Bildtafeln mit sinnfälligen Darstellungen von „falsch" und „richtig" bei der Ausführung der verschiedensten im Tiefbaugewerbe vorkommenden

Arbeiten. Sie hat eine Sammlung von 50 solcher Tafeln im Verlag von Reimar Hobbing, Berlin SW 61, soeben in zweiter, verbesserter Auflage 1925 herausgebracht, die ebenso wie die erste Auflage Beachtung in den weitesten Kreisen verdient und durch Anregung zu gleichlaufenden Vorbeugungsmaßnahmen auch für andere Gewerbe wertvoll sein wird. Gerade die Unfallverhütung durch sinnfällige Darstellungen in Wort und Bild hat im Tiefbaugewerbe, beim Eisenbahnstreckenbau, bei der Verlegung elektrischer Starkstromleitungen schon viel Unheil verhütet und immer mehr an Verbreitung gewonnen. [E 238]

Zeitungs-Katalog 1925. Rudolf Mosse, Annoncen-Expedition. 51. Aufl. Berlin 1925, 852 S. Preis Gm. 10.

Im Jahrgang 1925 hat der Verleger in weitestem Maße die Bedürfnisse berücksichtigt, die durch die grundlegenden Umwälzungen der letzten Jahre in der deutschen Wirtschaft entstanden sind; Umwälzungen, die ihre Wirkungen tief in das Anzeigenwesen hereingetragen haben. Für den Inserenten ist der Anzeigenteil des Katalogs ein sicherer Führer. Der Textteil ist mit seinem weitumfassenden Umfang wohl der einzige derartige Pressekatalog. Nicht nur die politischen Tageszeitungen, sondern auch die Fachpresse ist mit der größten Sorgfalt gesammelt und übersichtlich zusammengestellt, wobei zum ersten Mal auch die ausländische Presse besonders ausführlich mit einbezogen ist. [E 236] Fh.

Untersuchungen über die Gas- und Öl-Gleichdruckturbine. Bearb. von Wilh. Gentsch. Halle a. S. 1924, Wilhelm Knapp. 123 S. m. 40 Abb. Preis Gm. 5,20.

Normung, Typung, Spezialisierung in der Papiermaschinen-Industrie. Von Heinrich Biagosch. Berlin 1924, Julius Springer. 158 S. Preis Gm. 15.

Arbeitskunde. Grundlagen, Bedingungen und Ziele der wirtschaftlichen Arbeit. Herausg. v. Johannes Riedel. Leipzig und Berlin 1925, B. G. Teubner. 364 S. m. 35 Abb. Preis Gm. 13.

Industrielle Materialienkunde. Bearb. von Siegfried Herzog. München-Berlin 1924, R. Oldenbourg. 362 S. Preis Gm. 10.

Elektrisches und autogenes Schweißen und Schneiden von Metallen. Von F. W. Achenbach und S. I. Lavroff. Berlin 1925, M. Krayn. 176 S. m. 116 Abb. Preis Gm. 6, geb. Gm. 7,50.

Schriften aus Theorie und Praxis der Schmelzschweißung. **Die elektrische Lichtbogenschweißung.** Ihre Hilfsmittel und ihre Anwendung. Von Oskar Wundram. Hamburg 1925, Hanseatische Verlagsanstalt. 144 S. m. 83 Abb. Preis Gm. 3.

Kalkputz, Kratzputz und Sgraffito. Von Paul Baelz. Berlin 1925, Kalkverlag G. m. b. H. 24 S. m. einz. Abb. Preis Gm. 1,20.

Die selbsttätigen Feuerlöschbrausen- (Sprinkler-) und die Drescher-Anlagen. Von Carl Flach. Berlin 1924, Franz Weber. 147 S. m. 130 Abb. Preis Gm. 8.

Denkschriften des Naturhistorischen Museums in Wien. Bd. 3: **Gesteinsumformung.** Von Walter Schmidt. Leipzig und Wien 1925, Franz Deuticke. 64 S. m. 12 Abb. u. 1 Taf. Preis Gm. 10.

Farben- und Lackkalender. Taschenbuch für die Farben- und Lackindustrie. Herausg. v. Hans Wolff und W. Schlick. Stuttgart 1925, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m. b. H. T. 1 = 228 S., T. 2 = 176 S. Preis T. 1 u. 2 Gm. 6,50.

Streiflichter auf die österreichischen Eisenbahnen. Von Otto Günther, mit einleitendem Vorwort von Eduard Heinl. Wien 1925, Hölder-Pichler-Tempsky A.-G. 66 S. Preis Gm. 2,50.

Grundzüge der Bergbaukunde einschl. Aufbereitung und Brikettieren. Von Emil Treptow. Bd. 1: Bergbaukunde. Berlin 1925, Julius Springer. 636 S. m. 87 Abb. Preis geb. Gm. 18.

Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmiermitteln. Herausg. v. Verein deutscher Eisenhüttenleute und vom Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik. 4. erw. Aufl. Düsseldorf 1925, Verlag Stahleisen. 81 S. m. einigen Abb. Preis Gm. 4.

75 Jahre Schermesser. Aachen, Severin Heusch. 40 S. m. versch. Abb.

Eisenbahnzug-Telephonie. Von Bruno Rosenbaum. Erw. Vortrag. Berlin 1925, M. Krayn. 38 S. m. 25 Abb. Preis Gm. 1,50.

Ingenieurholzbauten bei der Reichsbahndirektion Stuttgart. Von K. Schaechterle. Berlin 1925, Wilh. Ernst & Sohn. 118 S. m. 157 Abb. Preis Gm. 6.

Beobachten und Nachdenken. Eine Anleitung zu Naturbeobachtungen. Von Richard Geigel. München 1924, J. F. Bergmann. 277 S. Preis Gm. 4,80.

Die Technische Hochschule und die Wirtschaft. Von Wilhelm Häbich. Stuttgart 1925, Konrad Wittwer. 16 S. Preis Gm. 0,80.

Deutscher Ingenieur-Kalender 1925. Bearb. C. E. Berck. Uhlands technische Bibliothek G. m. b. H. T. 1: 357 S. m. versch. Abb. T. 2: 725 S. m. zahlr. Abb. Preis zus. Gm. 3.

Zur Neuordnung des preußischen höheren Schulwesens. Verband Deutscher Diplom-Ingenieure. 31 S.

Verzeichnis der Dr.-Ing.-Dissertationen der Deutschen Technischen Hochschulen. 1913 bis 1922. Von Willy B. Niemann. Charlottenburg 1924, Robert Kiepert. 96 S. Preis Gm. 6.

Peter Mitterhoffer. Erfinder der Schreibmaschine. Ein Lebensbild von Rud. Granichstaedten-Czerva. Wien 1924, Verein Deutsch-Österreichischer Ingenieure. 39 S. m. 12 Abb.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Hydraulische Hochspeicherkraftwerke.

In dem Aufsatz von Oberingenieur A. Maas, Ravensburg, in Z. Bd. 68 (1924) Nr. 46 beschreibt der Verfasser auf S. 1197/98 die Ausführungen einer Kreiselpumpe, die mit Leitschaufelregulierung ausgestattet ist, welche hier erstmals ausgeführt sein soll.

Ich darf zunächst darauf aufmerksam machen, daß meine Firma, die Amag-Hilpert, Nürnberg, bereits im Jahre 1908 für Kühlwasser-Kreiselpumpen, die für die elektrische Zentrale der Hoch- und Untergrundbahn, Berlin, geliefert wurden, drehbare Leitschaufeln ausgeführt hat, und zwar von dem gleichen Gedanken ausgehend, daß bei Regelung der Wassermenge mittels drehbarer Leitschaufel ein besserer Nutzeffekt und damit eine Kraftersparnis zu erreichen ist. Weiter wurde von der Amag-Hilpert, Nürnberg, für einen besonderen Verwendungszweck eine Kreiselpumpe mit drehbaren Leitschaufeln ausgeführt, und es ist wohl von allgemeinem Interesse, die mit der Pumpe erzielten Ergebnisse hier wiederzugeben.

In Abb. 1 sind die ermittelten Leistungskurven der Pumpe eingetragen. Die stark ausgezogenen Kurven zeigen die Verhältnisse bei offenem Leitapparat. Die Leistungskurve entspricht also einer normalen Kreiselpumpe mit feststehendem Leitapparat, wobei bemerkt sei, daß es durch besondere Formgebung des Laufrades gelang, den Nutzeffekt in weiten Grenzen der Fördermenge bzw. der Förderhöhe sehr hoch zu halten.

Strichpunktiert sind die Kurven für die Förderhöhe und den Nutzeffekt eingetragen, die mit den drehbaren Leitschaufeln erreicht wurden. Man sieht hier einen ganz beträchtlichen Anstieg der Förderhöhe bei kleinerer Wassermenge und bei annähernd gleichem Kraftbedarf. (Es wurde festgestellt, daß der Kraftbedarf nennenswerte Veränderungen bei verschiedenen Leitradstellungen nicht erfährt.) Bei einer Fördermenge von 2000 l/min wurde bei offenen Leitradschaufeln auf 51 m gefördert, während bei Drosselung mit Leitschaufelregulierung eine Förderhöhe von 59 m, also eine Steigerung von 16 vH erreicht wurde. Der Nutzeffekt stieg annähernd in gleichem Verhältnis wie die Förderhöhe.

Der starke Anstieg der Kurve der Förderhöhe ist leicht zu erklären: Mit feststehenden Leitradschaufeln wird ein stoßfreies Arbeiten bei Austritt aus dem Leitrad und Eintritt in das Laufrad nur dann eintreten, wenn der Winkel der absoluten Austrittgeschwindigkeit gleich dem Winkel der Leitschaufelstellung ist. Drosselt man die Pumpe ab, wird also weniger Wasser gefördert, so wird der Winkel der absoluten Austrittgeschwindigkeit immer kleiner werden. Der veränderliche Winkel der absoluten Austrittgeschwindigkei hat also nicht mehr als die Größe des feststehenden Leitradwinkels, wodurch beim Übertritt des Wassers vom Laufrad zum Leitrad Stöße entstehen, die die Förderhöhe

Förderhöhe in m, Kraftbedarf in PS; vH Nutzeffekt; Hn-Kurve mit Leitschaufelregelung; Hn-Kurve bei offenen Leitschaufeln; Kraftbedarf in PS; Nutzeffekt mit Leitschaufelregelung; Nutzeffekt bei offenen Leitschaufeln; Wassermenge in l/min

Abb. 1. Leistungsfähigkeit einer Pumpe mit drehbaren Leitschaufeln der Amag-Hilpert, Nürnberg.

und damit den Nutzeffekt nicht unbeträchtlich beeinflussen. Weiter ist zu ersehen, daß auch der Drosselpunkt der Kreiselpumpe, also das Arbeiten gegen geschlossenen Schieber, bei drehbaren Leitschaufeln höher liegt als bei feststehenden Leitschaufeln. Hierfür gilt dieselbe Erklärung wie vorher.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß die Leitschaufelregulierung zur Druckerhöhung und Verbesserung des Wirkungsgrades in Verbindung mit einer eigenartigen Laufradkonstruktion dem Unterzeichneten durch DRP Nr. 302 588 bereits im Jahre 1917 geschützt worden ist.

Nürnberg. Dipl.-Ing. Fritz Neumann.

Erwiderung.

Ich begrüße die Feststellung des Herrn Direktor Neumann, daß von seiner Seite bereits früher drehbare Leitschaufeln für Zentrifugalpumpen mit Erfolg angewendet worden sind, da sie einer mißverständlichen Auffassung meiner Beschreibung über die Schwarzenbachpumpen vorbeugt.

Der Firma Escher Wyß & Cie. war die Vorbenutzung derartiger Einrichtungen bekannt, unter anderm durch die Veröffentlichung von Herbert in der Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen Bd. 10 (1913) Heft 31 bis 34. Meine Äußerung bezieht sich lediglich auf die Einführung einer neuen Bauart der Regulierung in den Pumpenbau und setzt das Prinzip der Leitschaufelregulierung als bekannt voraus. Die konstruktive Durchbildung der drehbaren Leitapparate ist bei den Schwarzenbachpumpen nach ganz neuen Gesichtspunkten erfolgt. Auf diese näher einzugehen, versagt mir leider der Umstand, daß im Erteilungsverfahren beim Deutschen Patentamt noch Einsprüche schweben. Ich muß mich daher auf diesen kurzen Hinweis beschränken.

Ravensburg. [D 42] A. Maas.

ANGELEGENHEITEN DES VEREINES.

Sitzung des Wissenschaftlichen Beirats
am 12. Februar 1925, nachmittag 3 Uhr, im Vereinshause zu Berlin.

Anwesend vom Wissenschaftlichen Beirat die Herren: Lippart (Vorsitzender), C. v. Bach, Frahm, Köttgen, Langen, Lorenz, Nägel, W. Petersen, Darmstadt, Reinhardt;

vom Vorstande die Herren: Klingenberg, Bauersfeld, Goos, Hammer, Heidebrock, Junkers, Krone, X. Mayer, Wendt;

von der Direktion des V. d. I. die Herren Hellmich und Matschoß;

vom Schwingungsausschuß die Herren Hort und Schmaltz;

vom Verein deutscher Eisenhüttenleute Hr. Wedemeyer;

vom Verband Deutscher Elektrotechniker Hr. Schirp;

von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt Hr. Jakob, gleichzeitig für den Wärmeausschuß;

vom Materialprüfungsamt Dahlem Hr. v. Möllendorf;

von der Chemisch-Technischen Reichsanstalt Hr. Lenze;

vom Reichskohlenrat Hr. zur Nedden;

von den Vereinsbeamten die Herren Adrian und Schmidt.

Entschuldigt fehlten die Herren: Holborn, Kühn und Petersen, Düsseldorf.

1. Eröffnung durch den Vorsitzenden.

Der Vorsitzende eröffnet die Sitzung und begrüßt die Erschienenen, insbesondere die Herren Dr. Köttgen und Prof. Petersen als neue Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirates. Er gibt seiner Freude Ausdruck, daß nach der Wiederkehr geordneter wirtschaftlicher Verhältnisse auch der Verein deutscher Ingenieure wieder etwas reichere Mittel für wissenschaftliche Arbeiten bereitstellen kann. Der Wissenschaftliche Beirat wird es sich angelegen sein lassen, das wissenschaftliche Leben im Verein planmäßig zu pflegen und wieder zur vollen Blüte zu bringen.

2. Wissenschaftliche Tagungen des Vereines.

Hr. Hellmich berichtet über das Programm der Betriebstechnischen Tagung in Leipzig vom 6. bis 8. März 1925. Die Tagung soll den Fachleuten Gelegenheit geben, sich im Zusammenhang mit der Technischen Messe über die wichtigen Fragen zeitgemäß arbeitender Fertigung zu unterrichten. Sie wird von der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure im Verein deutscher Ingenieure gemeinsam mit der Maschinenschau, G. m. b. H., veranstaltet. Während der Messe wird die Betriebstechnische Wanderausstellung der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure gezeigt, die durch eine ganze Reihe von Tafeln und Ausstellungsstücken erweitert ist.

Hr. Hellmich berichtet ferner über das Programm der vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (AWF) vorbereiteten Fördertechnischen Tagung vom 5. bis 6. März in Leipzig.

Hr. Matschoß berichtet über die wissenschaftlichen Veranstaltungen der Hauptversammlung 1925 in Augsburg, ferner über die

Güterumschlagwoche in Düsseldorf-Köln vom 20. bis 26. September 1925. Es finden Vorträge und Besichtigungen aus dem Gebiete der Reichsbahn, der Straßen- und Kleinbahnen, der Schiffahrt und des Kraftwagenverkehrs statt. Eine Ausstellung ist mit der Tagung nicht verbunden.

Hr. Junkers lenkt die Aufmerksamkeit noch auf die Luftfahrt als Verkehrszweig. Sie darf bei der Tagung nicht vergessen werden.

3. Bericht über die Tätigkeit der wissenschaftlichen Ausschüsse und Gesellschaften.

Hr. Hellmich ergänzt die den Mitgliedern bereits zugestellten Jahresberichte der Wissenschaftlichen Ausschüsse und Gesellschaften. Es bestehen:

Arbeitsausschüsse für Wärmedurchgang, Schwingungen, Regeln für Leistungsversuche an Kaminkühlern, an Dampfanlagen, an Ventilatoren und Kompressoren sowie an Verbrennungskraftmaschinen;

Fachausschüsse für Schweißtechnik und für Dampfkesselwesen im Verein deutscher Ingenieure, Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure (ADB) mit Ausstellung, Arbeitsgemeinschaft Technik in der Landwirtschaft (ATL) mit Lehrmitteldienst (TidL);

Selbständige Ausschüsse mit Geschäftsführung beim Verein deutscher Ingenieure: Normenausschuß der deutschen Industrie (NDI), Deutscher Ausschuß für Technisches Schulwesen (Datsch), Deutscher Dampfkessel-Ausschuß (DDA);

Wissenschaftliche Gesellschaften: Deutsche Gesellschaft für Metallkunde (D. G. f. M.), Deutsche Gesellschaft für Bauingenieurwesen (G. f. B.);

Körperschaften in losem Zusammenhang mit dem Verein deutscher Ingenieure: Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (AWF), Deutscher Verband für die Materialprüfungen der Technik (DVM).

Ausschuß für Schwingungen.

Hr. Hort berichtet über das Arbeitsprogramm. Der Ausschuß wird Auskunft in Schwingungsfragen erteilen, Anfragen aus den Kreisen der Ingenieure an die zuständigen wissenschaftlichen Stellen leiten, kritische Urteile über Literatur geben, die Bearbeitung neuer wichtiger Probleme anregen usw. Ihre Mitwirkung haben bereits namhafte Forscher zugesagt. Insbesondere sollen die Schwingungsmeßversuche im Anschluß an die Arbeiten Horts und Hahnemanns weitergeführt werden. Weitere Versuche und Arbeiten sind: Biegungsschwingungs-Beanspruchungen und Längsschwingungsbeanspruchungen im Zusammenwirken mit dem Materialprüfungsamt Dahlem; Dämpfungsfähigkeit von Schallschwingungen in Baustoffen, Bodenarten und dergl., wofür das Institut für technische Physik in München (Prof. Knoblauch) als Arbeitstätte vorgeschlagen wird; kritische Sichtung der vorhandenen Literatur über Meßverfahren mechanischer Schwingungen.

Hr. Lorenz macht darauf aufmerksam, daß der Einfluß der gleitenden oder klemmenden Reibung nicht unterschätzt werden darf. Bei einer Untersuchung erzwungener Reibungsschwingung hat sich der Einfluß der Frequenz als außerordentlich beachtenswert ergeben.

Ausschuß für Wärmedurchgang.

Hr. Jakob berichtet über die Tätigkeit des Ausschusses, der als dringendste Forschungsaufgaben folgende benannt hat:

1. Wärmeleitung.
   a) Bestimmung des Wärmedurchgangs in feuerfesten Steinen bei Temperaturen über 500 ° und des Abbrandes der Steine. Forschungsstelle: Forschungsheim für Wärmeschutz, München.
   b) Bestimmung der Wärmeleitung von festen Metallen bei höheren Temperaturen. Forschungsstelle: Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

c) Wärmeleitung von Gasen und Flüssigkeiten, insbesondre von Metallen und Schlacken. Forschungsstelle: Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf.

2. Wärmeübergang.
   a) Untersuchungen an Rohrbündeln, insbesondre Wärmeübergang von strömender heißer Luft an Rohre und Rohrbündel im Kreuzstrom.
   b) Wärmeübertragung in Luftschichten durch Konvektion.
   c) Nachprüfung der Modellversuche von Thoma über Wärmeübergang.
   Forschungsstelle für 2a, b und c: Laboratorium von Prof. Knoblauch, München.
3. Strahlungsversuche.
   a) Bestimmung der selektiven Strahlung von Kohlensäure und Wasserdampf bei hohen Temperaturen. Forschungsstelle: Physikalisch-Technische Reichsanstalt.
   b) Gesamtstrahlung heißer Gase bei höheren Temperaturen. Forschungsstelle: Forschungsheim für Wärmeschutz, München.
   c) Strahlung feuerfester Steine. Forschungsstelle: Dieselbe und Prof. Eberle, Darmstadt.
4. Verbrennungsversuche.
   a) Zerstäubung flüssiger Brennstoffe. Forschungsstelle: Laboratorium von Prof. Knoblauch, München.
5. Meßverfahren.
   a) Bestimmung des Einflusses des Wärmeüberganges auf die Temperaturmessung. Forschungsstelle: Prof. Knoblauch, München.
6. Kritische und rechnerische Arbeiten.
   a) Kritische Sichtung der bisherigen Forschungsergebnisse. Prof. Nusselt.
   b) Übertragung schwieriger Gleichungen in eine für den praktischen Gebrauch geeignete Form. Dr. Gröber, Wilmersdorf.

Die Arbeiten sind zum Teil bereits in Angriff genommen. Die von Dr. Gröber liegt in der Handschrift vor. Es wird angeregt, eine Reihe von Arbeiten ähnlicher Art auf den verschiedensten Gebieten durchzuführen. Die Bestrebungen zur Förderung der Nomographie werden durch den AWF verfolgt.

Hr. Jakob teilt mit, daß von englischer Seite ähnliche Arbeiten wie die von Gröber ausgeführt worden sind, insbesondre für Glas. Es wird angeregt, beim V. d. I. eine geeignete Einrichtung zu schaffen, um die Tabulierung numerischer Rechnungen durchzuführen. Weitere Anregungen zu Forschungsarbeiten sind dem Wärmeausschuß zugegangen, z. B. über Wärmedurchgang bei Kälteträgern. Hr. Lorenz erklärt diese Arbeiten für sehr wichtig.

Hinsichtlich der neueren Erkenntnis der Wärmestrahlung heißer Gase in industriellen Feuerungen gibt Hr. Wendt noch bemerkenswerte Ergebnisse Kruppscher Versuche an Martinöfen bekannt. Die weitere Durchführung der Arbeiten wird wahrscheinlich einen Umschwung im Bau industrieller Öfen herbeiführen.

Neue Fachausschüsse.

Hr. Hellmich berichtet dann über weitere Fachausschüsse des V. d. I., die in letzter Zeit gebildet sind oder in diesen Tagen gebildet werden. Dies sind:

1. Ein Ausschuß zur Aufstellung von Regeln für Leistungsversuche an Verbrennungskraftmaschinen;
2. Ein Fachausschuß für Schweißtechnik.

Zu letzterem ist zu bemerken, daß er sowohl die Schmelzschweißung (Gas und Lichtbogen) als auch die Preßschweißung (Feuer und Widerstand) umfassen soll. Besonders auf dem Gebiete der Gasschmelzschweißung sind bereits eine ganze Anzahl Anregungen für Forschungsarbeiten beim Verein deutscher Ingenieure eingegangen, zu deren Sichtung und Beurteilung der zu bildende Ausschuß berufen sein wird.

Hr. Nägel macht darauf aufmerksam, daß auf einem wichtigen und ausgedehnten Gebiet noch große Unsicherheit über die Meßgenauigkeit besteht. Es handelt sich um die gasanalytischen Messungen, deren Verfahren noch so unsicher sind, daß sie keineswegs zu den bestimmten Schlußfolgerungen berechtigen, die darauf aufgebaut werden. Es sind Versuche nötig, um die Höhe der Fehler bei der Messung zu klären. So wurde z. B. s. Zt. in Pittsburg festgestellt, daß im Kraftwagenmotor in Amerika im Auspuff 7,5 vH Kohlensäure enthalten waren. Eine solche Verschleuderung von Energie ist nicht anzunehmen, sondern es ist unbedingt die Richtigkeit der Messungen zu bezweifeln.

Die Anregung des Hrn. Nägel findet allgemeine Zustimmung. Der Hr. Vorsitzende bittet Hrn. Nägel, die entsprechenden Arbeiten und Versuche zu übernehmen. Über die Einzelheiten der Versuche werden die Herren Nägel und zur Nedden berichten.

4. Stand der Forschungsarbeiten.

Zunächst bittet Hr. v. Bach, das von ihm auf Veranlassung des Vorstandes übernommene umfassende Werk über Dampfkessel noch einige Jahre zurückzustellen und den Auftrag in die Hand des Vorstandes zurückgeben zu dürfen. Dem Antrage wird Folge gegeben.

Hr. Hellmich berichtet über den Stand der Forschungsarbeiten. Hierbei sind drei Gruppen zu unterscheiden:

A. abgeschlossene und aufgegebene Forschungsarbeiten,
B. laufende Forschungsarbeiten, für deren Fortführung zur Zeit noch Mittel beantragt werden, und
C. Anträge für neue Forschungsarbeiten.

A. Abgeschlossene und aufgegebene Forschungsarbeiten.

Nr. 63. Prof. Dr. Prandtl, Göttingen: Ventilatormessungen.

Die Ergebnisse der Versuche sind in den Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren verarbeitet, die demnächst veröffentlicht werden.

Nr. 68. Geheimrat Prof. Dr. Mollier, Dresden, und Prof. Dr. Nägel, Dresden: Untersuchungen eines Gleichstrom-Dampfzylinders.

Ein Bericht darüber ist von Hrn. Nägel für die nächste Zeit zugesagt.

Nr. 71. Prof. Schulze-Pillot, Danzig: Bestimmung der Zähigkeitskonstanten von Lagerölen.

Nr. 89. Dipl.-Ing. Bölsing, Charlottenburg: Versuche an beheizten dampferzeugenden Wasserrohren.

Nr. 90. Prof. Dr.-Ing. Gümbel, Charlottenburg: Lagerreibungsversuche.

Nr. 93. Prof. Dr.-Ing. Schlesinger, Charlottenburg: Untersuchung der Griffe an Maschinen.

Nr. 98. Dr.-Ing. Gröber, Wilmersdorf: Übertragung schwieriger Gleichungen der Wärmerechnung in Schaulinien.

Nr. 99. Prof. Dr.-Ing. Jakob, Charlottenburg: Zusammenstellung der Wärmeliteratur der letzten fünf Jahre.

B. Laufende Forschungsarbeiten, für deren Fortführung zur Zeit noch Mittel beantragt werden.

Nr. 72. Prof. Dr.-Ing. Föttinger, Berlin: Strömungsvorgänge an den Schaufelenden von Turbinenrädern.

Mit den Strömungsvorgängen hängt eine ganze Reihe praktischer Fragen aufs innigste zusammen, z. B. die günstigste Schaufelstellung, die günstigste Spaltweite, Formgebung der Leit- und Laufschaufelenden, Größe der Geschwindigkeitsbeiwerte. Hr. Föttinger gedenkt die Versuche aufzunehmen, wenn er im Sommer 1925 sein Laboratorium in Charlottenburg eingerichtet hat. Über die Höhe der Mittel sind noch keine Angaben gemacht.

In die gleiche Richtung fallen Versuche, die Prof. Oesterlen, Hannover, durchführen will. Es wird angeregt, die verschiedenen Forscher für Wasserkraftmaschinen im V. d. I. zusammenzubringen, um Doppelarbeit zu vermeiden.

Nr. 73. Derselbe: Versuche über die Reibung rotierender Zylinder.

Die Versuche sollten feststellen, ob sich bei umlaufenden Scheiben und umlaufenden Zylindern das mechanische Ähnlichkeitsgesetz bestätigt. Sie wurden 1914 in Angriff genommen. Die Versuche mit umlaufenden Scheiben sind abgeschlossen; der Bericht soll demnächst als Forschungsarbeit erscheinen. Die Versuche mit Zylindern werden fortgesetzt, neue Mittel sind nicht angefordert.

Nr. 76. Prof. Dr.-Ing. C. v. Bach, Stuttgart: Ermittlung von Spannungen, die an den Rändern von Mannlochausschnitten auftreten.

Die Versuche waren infolge des Krieges eingestellt. Die zur Verfügung gestellten Geldmittel sind durch die Vorarbeiten erschöpft. Hr. v. Bach schlug 1923 dem Wissenschaftlichen Beirat vor, die Fortführung der wichtigen, aber auch kostspieligen Versuche auf eine günstigere Zeit zu verschieben. Er hält diese Zeit jetzt für gekommen. Hr. v. Bach hält 6000 ℳ für erforderlich.

Hr. Lippart schlägt vor, zu den Kosten dieser Versuche, an denen nicht nur der V. d. I., sondern in hervorragendem Maß auch andre Verbände und Vereine Interesse haben, diese heranzuziehen.

Nr. 84. Dr.-Ing. Siemann, Bremen: Dehnungsmessungen an Schiffskörpern.

Die Versuche laufen seit 1913. Hr. Siemann hat in den ersten Jahren Spannungsmessungen unter Benutzung des Martensschen Spiegelverfahrens vorgenommen, das sich gut bewährt hat. Für Stapellaufmessungen und Messungen im Seegang hat er ein neues Gerät mit Kohlenplatten gebaut und Messungen an Personendampfern vorgenommen. Der Bericht über die Messungen liegt vor und wird später als Forschungsheft erscheinen. Für weitere Messungen und Herstellung einer verbesserten Einrichtung werden 1000 ℳ beantragt. Mängel infolge Widerstandänderung der Kohle

sind noch vorhanden; nach Durchführung von Verbesserungen versprechen die Versuche guten Erfolg, vor allem auch für Messungen dynamischer Beanspruchungen, z. B. bei Brücken.

Hr. Frahm befürwortet die Fortsetzung dieser Messungen dringend. Hr. Goos teilt mit, daß die Hamburg-Amerika-Linie gern bereit sein würde, ein geeignetes Schiff zur Verfügung zu stellen. Die beantragten 1000 ℳ werden bewilligt.

Nr. 94. Prof. Dr.-Ing. Jakob, Charlottenburg: Bestimmung der Verdampfungswärme des Wasserdampfes bei Drücken von 10 at aufwärts.

Die Versuche sollen die fehlenden Unterlagen für die Dampftabellen schaffen. Sie sind nach dem von Henning in der Reichsanstalt verwendeten Verfahren geplant. Die Versuchseinrichtung ist fertiggestellt. Für die Weiterführung der Untersuchung werden 2000 ℳ bewilligt.

Nr. 95. Prof. Dr. Knoblauch, München: Wärmeübertragung strömender heißer Luft an Rohre und Rohrbündel im Kreuzstrom.

Die Versuche sind zur Bestimmung von Wärmeübergangszahlen für Wasserrohrkessel, Vorwärmer, Kühler usw. wichtig. Ein gewisser Abschluß für Rohre kreisförmigen Querschnittes ist bereits erreicht. Das Ergebnis wird als Forschungsarbeit erscheinen. Die Weiterführung ist mit Rohren elliptischen und tropfenförmigen Querschnittes vorgesehen. Weitere Mittel sind zunächst nicht beantragt.

Nr. 96. Derselbe: Wärmeübertragung in Luftschichten durch Konvektion.

Die Versuche sind vom Wärmeausschuß dringend empfohlen. Die Versuchseinrichtung wird ergänzt für Beobachtungen über die durch Strömung übertragene Wärmemenge.

Nr. 96a. Derselbe: Einfluß des Wärmeüberganges auf die Temperaturmessung.

Die Versuche sollen die Fehler der Temperaturmessung infolge des Wärmeüberganges klären. Besondere Mittel sind hierfür nicht angefordert.

Nr. 96b. Derselbe: Versuche mit elektrisch geheiztem Dampfkessel für 120 at Betriebsdruck.

Die Versuche sollen der Bestimmung der spezifischen Wärme bei gleichem Druck für überhitzten Wasserdampf dienen. Die Industrie hat sich bereit erklärt, den Versuchskessel und die elektrische Heizanlage zu liefern. Der Kessel ist noch im Bau. Für die Durchführung der Versuche werden voraussichtlich noch einige Mittel gebraucht.

Hr. Nägel regt hierzu an, bei diesen Hochdruckforschungen ein gemeinsames Arbeiten mit den Amerikanern anzubahnen. Diese haben das Forschungsgebiet aufgeteilt. Sie gehen in großzügiger Weise vor. Der Anstoß zu einem solchen Zusammenarbeiten müßte aber vom V. d. I. ausgehen.

Hr. Jacob teilt mit, daß die Amerikaner im allgemeinen zwar auf die gleichartigen europäischen Forschungen wenig zurückgreifen, daß jedoch nach seiner Kenntnis die deutschen Forschungsarbeiten über Bestimmung der spezifischen Wärme in Amerika als unanfechtbar angesehen und für die weitere Forschung zugrunde gelegt werden. Hr. Jakob wird gebeten, sich mit dem in Frage kommenden amerikanischen Forscher, Mr. Jacobus, im Namen des V. d. I. in Verbindung zu setzen.

Nr. 97. Prof. Dr. Knoblauch, München: Versuche mit Zerstäubern schwerer Brennöle.

Die Versuche sollen den Einfluß und Zusammenhang der maßgebenden Größen klären, z. B. Ausbildung des Zerstäubers, Brennstoffeigenschaften, Luftgeschwindigkeit, Luftdichte und Temperatur. Der Versuchsplan ist aufgestellt, die Einrichtung zum größten Teil fertig. Für Durchführung der Versuche mit Geräten von praktisch gebräuchlichen Abmessungen sind durch den V. d. I. 7000 ℳ bei der Notgemeinschaft beantragt.

Hr. Lorenz teilt dazu mit, daß ähnlich gerichtete Versuche in Danzig an der Technischen Hochschule durch Dr.-Ing. Kuehn ausgeführt sind, die demnächst als Forschungsarbeit erscheinen sollen. Ebenso wird in Darmstadt von einem Doktoranden auf gleichem Gebiet gearbeitet. Es erscheint daher geboten, die verschiedenen Arbeiten gegeneinander abzuklären.

Nr. 100. Prof. Dr. Hort, Berlin: Bestimmung der Schwingungsfestigkeit von Maschinenbaustoffen.

Die Versuche wurden 1923/24 vom Wissenschaftlichen Beirat veranlaßt und mit Einrichtungen der AEG durchgeführt. Die Biegungsfestigkeit von Probestäben wurde bei 500 bis 700 Schwingungen in der Sekunde untersucht. Die Forschungen sollen im Zusammenhang mit den weiter unten unter Nr. 106 vorgesehenen Forschungsarbeiten des Materialprüfungsamtes fortgesetzt werden. Ein vorläufiger Bericht von Prof. Hort ist im „Maschinenbau" Bd. 3/6 (1923/24) S. 1038 erschienen.

C. Anträge für neue Forschungsarbeiten.

Nr. 101. Dr.-Ing. Gröber, Wilmersdorf: Umformung unübersichtlicher Gleichungen in Schaulinien.

Die Arbeit ist als Fortsetzung der vorjährigen Arbeit Nr. 98 (s. unter 4 A) gedacht. Zunächst soll die Umformung schwieriger Rechnungen auf dem Gebiete der Wärmespeicherung in Angriff genommen werden. Als Zuschuß werden 300 ℳ bewilligt.

Nr. 102. Dr. E. Schmidt, Forschungsheim für Wärmeschutz, München: Wärmeleitung feuerfester Steine.

Nr. 103. Derselbe: Gesamtstrahlung heißer Gase.

Diese beiden Arbeiten sind vom Wärmeausschuß dringend empfohlen; der Arbeitsplan ist aufgestellt und mit den Versuchen ist teilweise bereits begonnen worden. Für die Durchführung sind 1200 und 1500 ℳ beantragt. Der Beirat erteilt dem Kurator die Vollmacht, die erforderlichen Mittel nach weiterer Verhandlung mit dem Forschungsheim zu bewilligen.

Nr. 104. Prof. Dr. Knoblauch, München: Nachprüfung der Modellversuche von Thoma 1921.

Die von Prof. Hans Thoma 1921 vorgenommenen Versuche zur Bestimmung des Wärmeüberganges an Feuerungen für Dampfkessel usw. waren mit verhältnismäßig einfachen Mitteln durchgeführt. Die planmäßige Nachprüfung der Ergebnisse an größeren Modellen wird vom Ausschuß für Wärmedurchgang als sehr wichtig bezeichnet. Es können auf diese Weise außerordentlich hohe Kosten für Versuche an Kesseln von praktischer Größe gespart werden. Es werden 2000 ℳ bewilligt.

Nr. 105. Derselbe: Dämpfungsmessungen von Schallschwingungen in Bodenarten.

Die Versuche werden vom Ausschuß für Schwingungen als wichtig empfohlen. Im Laboratorium von Prof. Knoblauch sind bereits ähnlich gerichtete Untersuchungen durchgeführt worden und im Gange. Zur Zeit werden Untersuchungen angestellt zum Messen der Dämpfung von Schall an Wänden, Türen usw. Für die Messung der Dämpfungsfähigkeit des Schalles in Bodenarten usw. sind besondere Mittel noch nicht angefordert.

Hr. Lippart wird ermächtigt, gegebenenfalls Mittel nach Verhandlung mit dem Forschungsleiter zu bewilligen.

Nr. 106. Materialprüfungsamt, Dahlem: Bestimmung von Festigkeitszahlen bei Schwingungsbeanspruchungen.

Neben den Versuchen über Biegungsfestigkeit von Prof. Hort (Nr. 100) hat die Signalgesellschaft Kiel (Dr. Hecht, Hahnemann) eine Versuchseinrichtung geschaffen zur Erzeugung und Auswertung von mechanischen Längsschwingungen mit 1000 Wechseln in der Sekunde. Bisher wurden einige Festigkeitszahlen an Probestäben gewonnen. Zur sicheren Bestimmung der Schwingungsfestigkeit hochwertiger Stähle sind jedoch planmäßige Versuche auf sehr breiter Grundlage erforderlich. Das Materialprüfungsamt ist bereit, solche Versuche vorzunehmen. Für die Vorarbeiten, Einrichtungen usw. werden 5000 ℳ bewilligt.

Nr. 107. Preisausschreiben für kritische Bearbeitung der Literatur über mechanische Schwingungsmessung.

Die ausgebreitete Literatur über Messung mechanischer Schwingungen ist nach Ansicht des Ausschusses für Schwingungen zunächst einer kritischen Bearbeitung zu unterziehen, um die praktische Brauchbarkeit der einzelnen Verfahren zu klären. Damit soll auch besonders herausgearbeitet werden, für welche Verfahren zur Messung mechanischer Schwingungen in der Technik bisher geeignete Geräte fehlen. Da ein geeigneter Bearbeiter dieser Aufgabe nicht genannt werden konnte, beantragt der Schwingungsausschuß ein Preisausschreiben des V. d. I. mit drei Preisen von insgesamt 5000 ℳ. Die beantragten Mittel werden bewilligt. Der Schwingungsausschuß wird mit der Durchführung des Preisausschreibens beauftragt[1]).

Nr. 108. Versuche zur Erforschung des Einflusses der Endothermie, der Sauerstoffreinheit usw. bei Gasschmelzschweißung.

Die Vornahme von Forschungen auf dem Gebiete der Gasschmelzschweißung und dem der Lichtbogenschweißung ist von verschiedenen Seiten als dringend wichtig angeregt worden. Der V. d. I. beabsichtigt, einen Fachausschuß für sämtliche Fragen der Schweißtechnik ins Leben zu rufen, der die Dringlichkeit der einzelnen Forschungsaufgaben zu klären hat. Der Kurator wird ermächtigt, für solche Forschungsaufgaben Mittel von insgesamt 10 000 ℳ zu bewilligen.

Nr. 109. Dr. Reinau, Steglitz: Bestimmung des Ursprunges des Pflanzenkohlenstoffes.

Die bereits seit längerer Zeit laufenden Versuche von Dr. Reinau haben neue Anschauungen über die Herkunft der Kohlensäure für das Pflanzenwachstum gebracht. Die Fortführung der Versuche erscheint auch mit Rücksicht auf die Entwicklung des Baues landwirtschaftlicher Maschinen dringend geboten. Der V. d. I. ist an fünf Behörden um Beteiligung an den Kosten herangetreten. Die Gesamtkosten für 1925 werden auf 10 000 ℳ geschätzt. Beim V. d. I. werden hiervon 3000 ℳ beantragt; der Betrag wird bewilligt.

Nr. 110. Physikalisch-Technische Reichsanstalt: Selektive Strahlung von Kohlensäure und Wasserdampf bei hohen Temperaturen.

Die Messung der selektiven Strahlung dieser Gase ist nach Ansicht des Ausschusses für Wärmedurchgang sehr wichtig. Präsident Paschen hat die Vornahme der Versuche in der Reichs-

[1]) Vergl. S. 432 dieses Heftes.

anstalt zugesagt. Sie können voraussichtlich im Sommer 1925 in Angriff genommen werden. Die Höhe der Mittel läßt sich erst dann angeben. Der Kurator wird ermächtigt, auf Anfordern die nötigen Mittel zu bewilligen.

Nr. 111. Prof. Dr.-Ing. Jakob, Charlottenburg: Wärmeleitung von Metallen.

Die bisherigen Angaben über Wärmeleitzahlen von Metallen bei höheren Temperaturen sind unsicher. Der Ausschuß für Wärmedurchgang hat neuere Untersuchungen hierüber für dringend notwendig erklärt. Sie sollen im Rahmen des Arbeitsplanes der Reichsanstalt vorgenommen werden. Die über diesen Rahmen hinausgehenden Mittel von 1500 ℳ werden bewilligt.

Nr. 112. Prof. Eberle, Darmstadt: Gesamtstrahlung technisch wichtiger Stoffe in Abhängigkeit von der Oberfläche und der Temperatur.

Die Arbeiten sind vom Ausschuß für Wärmedurchgang für wichtig erklärt. Der Arbeitsplan ist von Prof. Eberle in Verständigung mit dem Forschungsheim für Wärmeschutz in München aufgestellt. Für die Durchführung sind 2000 ℳ beantragt.

Der Beirat empfiehlt für diese und ähnliche Aufgaben, die in sehr großem Maße neben dem V. d. I. auch andere Vereine und Verbände angehen, Fühlung mit diesen wegen Beteiligung an den Kosten zu nehmen. Der Kurator wird bevollmächtigt, einen auf den V. d. I. entfallenden Anteil zu bewilligen.

Nr. 113. Direktor Rüster und Prof. Dr. Knoblauch, München: Verbrennungsvorgänge in Dampfkesselfeuerungen und Wasserumlauf in Kesseln.

Die Versuche sollen sich erstrecken auf Gasuntersuchungen in Feuerungen, Temperaturmessungen im Feuer und Feuerraum, Wärmeabstrahlung, Flugkoksmessung, Zündung und Ausbrennen der Kohle usw. Sie sollen in verschiedenen Betrieben vorgenommen werden. Der Beirat bewilligt die im ganzen auf 10 000 ℳ geschätzten Mittel.

Nr. 114. Dr. Salmang, Aachen: Verhalten feuerfester Stoffe bei hohen Temperaturen.

Die Versuche dienen zur Feststellung des Einflusses der physikalischen Beschaffenheit feuerfester Baustoffe. Die Frage ist wissenschaftlich bisher noch nicht in genügendem Maße geklärt. Prof. Schwemann, Aachen, empfiehlt die Weiterführung der bereits begonnenen Versuche, wofür 1000 ℳ bewilligt werden.

Nr. 115. Prof. Dr. Guertler, Charlottenburg: Sichtung und kritische Bearbeitung der englischsprachlichen Forschungsliteratur über Metalle.

Das seit 1914 in englischer Sprache erschienene Schrifttum über Metallforschung in England, Amerika und Japan ist bisher nur sporadisch für uns verarbeitet. Eine kritische planmäßige Bearbeitung könnte mehr wertvolle Erfahrungen zusammentragen als in zehnfacher Zeit durch eigene Versuche zu schaffen ist. Die hierzu nötigen Kosten werden auf 2000 ℳ geschätzt und vom Wissenschaftlichen Beirat bewilligt.

Nr. 119. Prof. Dr.-Ing. Wörnle, Danzig: Systematische Untersuchungen an Drahtseilen.

Solche Untersuchungen zur planmäßigen Erforschung des Verhaltens der Drahtseile für Aufzüge, Krane usw. werden als dringend wichtig angesehen. Prof. Wörnle hat bereits Versuche mit eigenen Mitteln begonnen. Für die vollständige Durchführung werden 10 000 ℳ gebraucht.

Die Danziger Werft hat Unterstützung dieser Versuche zugesagt. Der Beirat bevollmächtigt den Kurator, die Höhe der Mittel festzusetzen, die der V. d. I. für diese Versuche bereitstellt. Es wird noch darauf hingewiesen, daß bereits seit längerer Zeit Prof. Benoit, Karlsruhe, gleichartige Versuche vornimmt,

Nr. 120: Rohrwalzversuche.

Unklarheiten über die Beanspruchung der Rohrwandverbindungen bei Kammer- und Steilrohrkesseln sind noch durch Versuche zu beheben. Wegen Aufstellung des Versuchprogrammes und Aufbringung der Mittel ist mit der Vereinigung der deutschen Dampfkessel- und Apparate-Industrie Fühlung genommen.

In Anschluß an diesen Bericht des Hrn. Hellmich teilt der Vorsitzende mit, daß der Vorstand beschlossen hat, zunächst 40 000 ℳ für wissenschaftliche Forschungsarbeit flüssig zu machen und für etwaige weitere Forschungsarbeiten noch weitere 40 000 ℳ dem Kurator zur Verfügung zu stellen.

Hr. Matschoß gibt bekannt, daß die Notgemeinschaft deutscher Wissenschaft auch ihrerseits erhebliche Mittel für technisch-wissenschaftliche Forschung aufwenden will. Die Berichte über solche Forschungsarbeiten sollen gegebenenfalls als Forschungsarbeiten des V. d. I. herausgegeben werden.

Hr. Heidebroek macht darauf aufmerksam, daß bei den Anträgen an die Notgemeinschaft der betreffende Forscher unmittelbar den Antrag zu stellen hat, nicht der V. d. I. für ihn.

Hr. Schmaltz regt an, vergriffene Forschungshefte neu zu drucken, da deren Inhalt immer wieder gebraucht wird. Die Anregung wird zur Kenntnis genommen.

Hr. Nägel dankt dem Wissenschaftlichen Beirat namens der unterstützten Forscher aufs wärmste für die tatkräftige Förderung der Forschung und verspricht ein reges Zusammenarbeiten mit dem V. d. I.

Bericht über die literarische Tätigkeit des V. d. I. und der angeschlossenen wissenschaftlichen Körperschaften.

Hr. Matschoß berichtet über die Zeitschriften des V. d. I. und betont das Streben der Geschäftleitung, Inhalt und Ausstattung der Zeitschriften ständig in ihrem Werte zu steigern. Das bisher Erreichte wird durchweg als guter Fortschritt anerkannt.

Infolge der Geldentwertung ist es den Hochschulen nicht mehr möglich, aus den bestehenden Stipendien Reiseunterstützungen an Studierende zu gewähren. Der V. d. I. hält aber solche Studienreisen für außerordentlich wertvoll. Der Vorstand hat daher beschlossen, 15 000 ℳ für solche Stipendien bereitzustellen.

Zu den literarischen Arbeiten ist noch zu bemerken daß den Forschungsheften eine erhebliche Bedeutung beizumessen ist. Zur besseren Ausbeute des Inhaltes soll ein Inhaltverzeichnis herausgegeben und außerdem eine umfassende Besprechung des gesamten Inhaltes veröffentlicht werden. Es ist auch vorgesehen, das Inhaltverzeichnis der Zeitschrift in verbesserter Form herauszubringen.

Wahl der Rechnungsprüfer für die C. Bach-Stiftung.

Die bisherigen Rechnungsprüfer, die Herren v. Bach und Nägel, werden wiedergewählt.

Fortführung der Körting-, Rotter- und Käuffer-Stiftung.

Der Vorsitzende gibt bekannt, daß der Vorstand beschlossen hat, die Körting-Stiftung weiterzuführen, während die Rotter-Stiftung in der Ingenieur'ılfe aufgegangen ist. Die Käuffer-Stiftung soll aufgegeben werden.

Ersatzwahlen.

Der Vorsitzende gibt bekannt, daß entsprechend den Bestimmungen für den Wissenschaftlichen Beirat die Herren Ossana, Frahm, Nägel und Reinhardt Ende des Jahres 1925 als Mitglieder ausscheiden. Eine Wiederwahl ist nur einmal zulässig, sie ist bereits 1921 erfolgt. Der Vorsitzende dankt den ausscheidenden Mitgliedern für ihre Mühewaltung während ihrer Amtszeit. An Stelle der ausscheidenden Herren sind Hr. Knoblauch, München, Hr. Scholz, Hamburg, Hr. Görens, Essen, und Hr. Föttinger, Berlin, vom Vorstande gewählt.

Der Vorsitzende schließt mit dem Dank für die Mitarbeit die Tagung gegen 6 Uhr. [V 248]

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 11. APRIL 1925 NR. 15

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 488.

Lastkraftwagenbau in Deutschland.

Von Erwin Aders, Nürnberg.

Auf Grund der auf der Deutschen Automobil-Ausstellung 1924 gezeigten Neuerungen werden Stand, Fortschritte und Ziele des Lastkraftwagenbaues kritisch betrachtet und die Möglichkeiten wirtschaftlich vorteilhafterer Erzeugung besprochen.

Die Lastkraftwagen (Omnibusse eingeschlossen) haben vom 1. Juli 1923 bis zum 1. Juli 1924 in Deutschland[1]) um rd. 9000 Stück zugenommen. Wenn man berücksichtigt, daß ein Teil davon Personenkraftwagen-Fahrgestelle hat, so entfallen auf jedes Lastwagen bauende Werk im Jahresdurchschnitt nicht mehr als 400 Wagen, da die Ausfuhr im Jahre 1923 wohl vernachlässigt werden kann, also höchstens 200 Wagen gleicher Bauart, wenn jedes Werk im Durchschnitt zwei Typen auf den Markt bringt. Bedenkt man nun noch, wieviel Sonderfahrzeuge, deren Bau die Reihenanfertigung stört (Feuerwehr-, Müll-, Spreng-, Fäkalienwagen, Kehrmaschinen usw.), darunter sein mögen, so gewinnt man den Eindruck, daß es um die Wirtschaftlichkeit der Herstellung bei uns schlimm bestellt ist, und daß nur wenige Werke den Wettbewerb auf dem Weltmarkt aufnehmen können. Selbst der zukünftige Absatz innerhalb Deutschlands erscheint trotz niedriger Löhne und Schutzzolles durch den Wettbewerb amerikanischer Firmen unter solchen Herstellungsbedingungen bedroht. Ein einziger Umstand ist uns allenfalls günstig: Von der Lastwagenerzeugung 1923 sind in den Vereinigten Staaten von Amerika 89 vH 1½ t-Wagen gewesen und nur 2,6 vH hatten 5 t und mehr Tragkraft oder waren Sonderfahrzeuge. Diese letzteren wenigstens werden also doch nicht in sehr großen Reihen und bei den hohen Löhnen und Frachten kaum wirtschaftlicher hergestellt als in den deutschen Werken.

Man möchte daher wünschen, daß die deutschen Lastkraftwagenwerke einander weniger bekämpften, sich vielmehr auf ein gemeinsames Erzeugungsprogramm einigten. Leider ist davon noch wenig zu spüren, im Gegenteil ließ die Berliner Automobil-Ausstellung deutlich erkennen, daß beim Auftauchen einer neuen Wagenbauart, einer technischen Neuerung, ein scharfer Wettbewerb einsetzt, der für die Entwicklung gewiß förderlich ist, aber die Gesamtwirtschaft und die wetteifernden Werke schwer belastet. Gemeint ist der Großkraftwagen für Personenbeförderung (Omnibus) nach nordamerikanischem Vorbild. Er strebt einer eigenen Bauart zu, wird aber neben dem Lastkraftwagen schon von vielen deutschen Werken hergestellt. Also Zersplitterung statt Sammlung der Kräfte! Von einer gesteigerten Gründlichkeit in der Durcharbeitung, um die Herstellung zu verbilligen, kann unter solchen Umständen unmöglich die Rede sein. Die Zahl von 200 Wagen gleicher Bauart (s. oben), die im Durchschnitt auf jedes deutsche Werk entfällt, dürfte sich vielleicht noch auf 180 bis 150 vermindern. Dabei ist noch nicht in Rechnung gestellt, daß die besonderen Betriebsbedingungen Unterschiede innerhalb der gleichen Wagenbauart ergeben, die auch nicht ganz ohne Einfluß auf den Ablauf der Reihenherstellung bleiben (Vollgummibereifung, Luftreifen in Doppel- oder Einfachanordnung, Einbau von Luftpumpen und Außenantrieb, Verschiedenheit der verlangten Motorgrößen, Fahrgeschwindigkeiten, der Anordnung von Brennstoffbehältern, Kühlern, Rädern und dergl. mehr).

Die Erfüllung von Sonderwünschen der Kunden ist die notwendige Folge des scharfen Wettbewerbes in Deutschland und nicht einfach aus der Welt zu schaffen. Sie trägt aber, abgesehen davon, daß sie die wirtschaftliche Reihenherstellung behindert, auch dazu bei, die Konstrukteure, die sich ohnehin mit zu viel Bauarten befassen müssen, von der Vertiefung in ihre eigentlichen und wichtigsten Aufgaben abzulenken. Das ist um so bedauerlicher, als der amerikanische Kraftwagenbau vor dem europäischen einen an sich bedeutenden Vorsprung hat, der in der außerordentlich viel umfassenderen Erfahrung begründet ist. Es ist nicht erstaunlich, daß bei der in Amerika erzeugten und abgesetzten Wagenmenge mehr und gründlichere Erprobungen und Versuche gemacht werden können und daß die bei der Durcharbeitung der Konstruktionen entstehenden Unkosten nicht entfernt die Rolle spielen wie bei uns.

Nur wenn das klar erkannt und darnach von der deutschen Lastwagenindustrie in Gemeinschaft gehandelt wird, kann der in den nächsten Jahren zu erwartende inländische Bedarf an schweren Kraftfahrzeugen mit wirtschaftlichem Erfolg befriedigt werden. Die Aussichten sind an sich nicht schlecht. Die Eisenbahnfrachten sind hoch genug, um auf beachtliche Entfernung die Beförderung auf der Landstraße wirtschaftlich zu gestalten[2]); die durch die Wohnverhältnisse erzeugte Bevölkerungsdichte in den Großstädten verursacht ein stärkeres Verkehrsbedürfnis, das durch Straßenbahnen nicht mehr zu befriedigen ist, die Vortbahnen werden erfahrungsgemäß zweckmäßig durch Kraftomnibuslinien ausgedehnt usw. Von den sich daraus ergebenden Konstruktionsaufgaben wird weiter unten die Rede sein.

Zunächst folge ein Überblick über die anläßlich der Automobilausstellung 1924 festzustellenden Fortschritte und Bestrebungen.

Einzelfortschritte.

Die Motoren der Lastkraftwagen sind fast ausschließlich vierzylindrig. Um große Leistungen und dabei durch die Verwendung gleicher Zylinder- und Triebwerkteile in der Fertigung Vorteile zu erzielen, findet sich auch der Sechszylindermotor vereinzelt. Hängende Ventile in kugelähnlichen oder zylindrischen, jedenfalls bearbeiteten Verbrennungsräumen und abnehmbare Zylinderköpfe in Verbindung mit der Anwendung von Leichtmetallkolben setzen sich mehr und mehr durch. (Ein Werk — Mulag, Aachen — steigert bei einem neuartigen Motor mit Leichtmetallzylindern und eingesetzten gußeisernen Laufbüchsen, dessen Zylinderkopf aber nicht abnehmbar ist, die Verdichtung auf eine bisher nicht gebräuchliche Höhe. Dabei sind die Ventile in nach außen herausnehmbaren Körben untergebracht.) Der Antrieb der Ventile durch die über den Zylindern gelagerte Nockenwelle ist seltener als der durch von unten bewegte Stößelstangen, Einkapselung gegen Staub und Geräusch ist selbstverständlich. Die Lagerung der Kurbelwelle in Kugel- oder Rollenhauptlagern hat nur geringe Fortschritte gemacht, wohl weil sie — wenn auch

[1]) „Wirtschaft und Statistik" 2. November 1924.

[2]) VDI-Nachrichten 1924 Nr. 50.

Abb. 1. Kurbelwellenlagerung der S. K. F.-Norma mit überzustreifenden Teilen für die Haupt- und Pleuellager.

Abb. 3 und 4. Rollenpleuellager ohne Käfig von Fichtel & Sachs.

betriebsicher und wirtschaftlich vorteilhaft — doch in der Herstellung sehr teuer ist. Der Wunsch, auch die Pleuellager als Wälzlager auszubilden, hat hauptsächlich für sehr schnell laufende Motoren einige Lösungen gezeitigt, die hier erwähnt werden sollen, weil möglicherweise die erstrebte gesteigerte Betriebsicherheit für sehr hoch belastete Pleuellager (Ölmotoren) zur Anwendung von Wälzlagern führen könnte; um so mehr, als die Hauptschwierigkeit, die bei Schnelläufern auftretenden ungeheuren Fliehkräfte in Käfig und Rollen, hier wegfallen.

Die S. K. F.-Norma benutzt eine gehärtete und geschliffene, ungeteilte Kurbelwelle, Abb. 1, über welche die Pleuellager-Käfige, die Außenringe dazu und die ungeteilten Pleuelköpfe gestreift werden. Die Laufflächen für die Pleuellager und das innere Hauptlager (Vierzylindermotor) sind unmittelbar auf die Kurbelwelle zwischen Führungsbunde geschliffen, die Rollen werden von außen in Öffnungen der ungeteilten Käfige eingesetzt.

Die Kurbelwelle von Hirth, Abb. 2, ist beliebig oft zerlegbar. Gehärtete und geschliffene Zapfen, auf denen die Pleuellager-Rollen unmittelbar laufen, werden mit vergüteten oder nur aus S. M.-Stahl bestehenden Schenkeln mit Hilfe von Spannschrauben zusammengesetzt. Die dabei benutzten Verzahnungen müssen allerdings mit der größten Genauigkeit ausgeführt sein. Die Hauptlager können gewöhnliche Rollenlager sein, da sie auf geteilten Zapfen sitzen. Für die Herstellkosten ist — bei Einführung in großem Umfange — wesentlich, daß gleiche Bauelemente für verschiedene Zylinderzahlen und Abnehmer einheitlich ausgeführt werden können.

Die zunächst sehr kühn anmutende Konstruktion von Fichtel & Sachs verzichtet auf den Rollenkäfig überhaupt und verwendet einen zweiteiligen gehärteten Pleuelstangenkopf (bei Leichtmetall-Pleuelstangen zweiteilige Büchse) auf gehärteter Kurbelwelle, Abb. 3 und 4.

Die Leistungen der Motoren werden immer höher gewählt, was sich durch die Steigerung von Tragkraft und Anhängerbetrieb und durch die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeiten erklärt. Sicher spricht auch die Bequemlichkeit im Fahrbetrieb mit, wenn auf Kosten der Wirtschaftlichkeit die Überschußleistung gesteigert wird. Die angewendeten Motordrehzahlen zeigen eine Steigerung auf 1200 bis 1500 Uml./min, namentlich bei den schnellaufenden luftbereiften Fahrzeugen.

Abb. 2. Zerlegbare Hirth-Kurbelwelle für Rollenlager (Rabag-Bugatti-Rennmotor.)

Die mit der Festigung der Währung verbundene Sicherung der Brennstoffversorgung hat anscheinend sorglos und gleichgültig gemacht in bezug auf die Kosten guter ausländischer und einheimischer Brennstoffe. Es ist still geworden von den Vergasern und Verfahren, die die wirtschaftliche Verwendung schwerer Öle ermöglichen sollten, wohl aber ist unter dem Druck der wirtschaftlichen Not der letzten Jahre an der Vervollkommnung der Vergaser noch gearbeitet worden[1]).

Vor allem aber ist in der Stille der schnellaufende Motor mit Einspritzung des Brennstoffes von mehreren Werken geschaffen worden, und es darf mit seiner Weiterentwicklung gerechnet werden. Ob er mit Einblasung (Maybach, Daimler), ob mit Einspritzung (Benz und MAN), ob Vier- oder Zweitakt sich durchsetzen wird, muß vorläufig dahin gestellt sein. Der MAN-Dieselmotor wurde an dieser Stelle bereits erwähnt[2]). Der Benzmotor, Abb. 5, und 6, leistet in vier einzelnstehenden Zylindern von 125 × 180 mm 50 PS bei 1000 Uml./min. Das zwischen den hängenden Ventilen angebrachte selbsttätige Brennstoff-Einspritzventil mit Differentialkolben spritzt, von einer regelbaren Pumpe gespeist, den Brennstoff (Petroleum, Gasöl, Braunkohlenteeröle usw.) in oder durch eine Zündkammer. Aus dieser wird dann infolge der schnell einsetzenden Teilverbrennung der Brennstoff durch eine Reihe feiner Öffnungen in den Zylinder getrieben. Beim Anlassen werden zunächst die Auslaßventile angehoben, damit das Schwungrad in schnelle Drehung versetzt werden kann (elektrischer Anlasser). Dann wird, unter Verschiebung der Nockenwelle, mittels Hilfsnockens eine mäßige Verdichtung hergestellt und gleichzeitig — da Selbstzündung des Brennstoffes dabei unmöglich ist — die Zündung mit Glühspiralen so lange ermöglicht, bis die ersten Zündungen einsetzen. Der Verbrauch wird für Vollast mit 240 g/PSh bei 10 000 kcal angegeben.

In neuerer Zeit werden die Bestrebungen auf Anwendung des Sauggasbetriebes[3]) auch in Deutschland gefördert, namentlich wird dabei die den Betrieb sehr erleichternde Holzkohle empfohlen, und es ist einleuchtend, daß dadurch die reinen Brennstoffkosten erheblich verringert werden können, jedenfalls in wenig unterbrochenem Betrieb. Über die Beeinflussung der übrigen Betriebskostenanteile kann erst der Dauerbetrieb Aufschluß geben.

Im Kühlerbau sind Bemühungen erkennbar, die kennzeichnende Form durch einen vorgesetzten Schild herzustellen und den Kühlerblock in roher Form dahinter zu setzen, eine Maßnahme, die in Amerika bereits stark eingeführt ist und namentlich dann gutzuheißen ist, wenn gleichzeitig der Zutritt der Kühlluft verstellt wird, was einfach und wirksam zu bewerkstelligen einigen Aufwand rechtfertigen würde. Thermostaten, die auf den Kühlwasserumlauf wirken, sind in Deutschland nicht zu haben, auch grundsätzlich wegen der Frostgefahr nur zur Feinregelung zu benutzen. Die vielfach angebotenen Thermometer sind zweckmäßig, wenn sie im Betrieb auch beobachtet werden.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1284.
[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1285.
[3]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1286.

Einlaßseite. **Abb. 5** und **6.** Fahrzeug-Dieselmotor von Benz. Auspuffseite.
a Glühkerze zum Anlassen.

Die **Reibkupplungen** lassen keine große Neigung zu Veränderungen erkennen. Die Einscheibenkupplung ist in einer einfachen Neuausführung (Motoren- und Lastwagen-A.-G. „Mulag") vertreten, die trockne Vielscheibenkupplung hat auch ihre Anhänger, die Kegelkupplung mit Metallasbestgewebe ist aber herrschend, und man geht erneut dazu über, das Metallasbestgewebe wegen der bequemen Auswechslung in einem Hohlkegel zu befestigen, der zweiteilig ist. (Bei Leder hatte sich diese Anordnung nicht recht bewährt, weil dieses sich bei Erhitzung zusammenzog und dann, sich nur noch in einigen Mantellinien berührend, leicht verbrannte.)

Die **Wechselgetriebe** werden mehr und mehr mit der sogenannten Knüppelschaltung ausgeführt, die mit dem Handbremshebel auf Wagenmitte liegt und für Rechts- und Linkssteuerung verwendbar ist. Bemerkenswert ist das für die Sonderbauart eines Lenkräderantriebes entworfene Wechselgetriebe der Lippischen Werke A.-G., Bauart Mayer, Ulm. Es enthält für jeden Gang eine hydraulisch betätigte kleine Reibkupplung, die mühelos einzuschalten ist. Das hydraulische Lentz-Getriebe hat im Lastwagenbau noch keinen Eingang gefunden.

Die Erweiterung des Wechselgetriebes durch Hinzufügen von weiteren Stufen[1]) wird von drei Werken dem Käufer auf Wunsch geliefert. Die NAG verwendet sieben Stufen, Daimler und Büssing haben einen fünften Spargang außer den vier Stufen.

Der Zusammenbau von Motor und Wechselgetriebe zu einem „Block" unter Vermeidung von Gelenkverbindungen hat (im Gegensatz zur amerikanischen Praxis) wenig Anhänger. Die daher unerläßlichen Gelenke bestehen meistens aus Gummischeiben mit eingebettetem Cordgewebe. Eine Neuerung zeigen, Abb. 7, 8 und 9, die Kirchbachschen Werke: Gummilaschen mit eingebetteten Drahtseilen. Diese können auf verschiedene Weise und in verschiedener Zahl und Größe zur Übertragung bedeutender Drehmomente bei sehr gesteigerter Beweglichkeit und besserem Wirkungsgrad benutzt werden.

[1]) Z. Bd. 66. (1922) S. 391.

Der Kardan-Antrieb scheint sich endgültig auch für schwerste Wagen durchzusetzen und die Rollenkette vollkommen zu verdrängen. Die eben erwähnten Gummischeiben werden auch in entsprechend großen Abmessungen für die Gelenkwellenverbindung zwischen Wechselgetriebe und Treibachse benutzt, und zwar in den Fällen, wo das Gelenk frei liegen kann, also bei Anwendung von Schubbalken oder dem Stoßrohr mit breitausladender Gabel zur Übertragung der Antrieb- und Bremskräfte auf den Rahmen. Bei den meisten Bauarten wird allerdings ein das Kreuzgelenk umschließender Kugelkopf an einem Stoßrohr angewandt, wodurch sämtliche Antrieb- und Bremskräfte auf das Fahrgestell übertragen werden. Hier ist dann das geschmierte Zapfengelenk nicht zu umgehen. Bei einem einzigen schweren 5 t-Kardanwagen (Vomag) wird der Rahmen von der Hinterfeder geschoben, aber auch hier ist für Brems- und Antriebrückwirkung ein die Kardanwelle umgebendes Umhüllungsrohr mit Kugelkopf vorhanden.

Das Bestreben der Konstrukteure muß — je größer die Tragkraft der Achsen wird — auf Verminderung der ungefederten Gewichte gerichtet sein. Die Erfahrungen des Personenkraftwagenbaues mit aus Blech gepreßten Achsgehäusen und Einsatzkörpern aus Leichtmetall für die Lagerung der Wellen und Räder dürften wohl auf den Lastwagen übertragen werden. Die „Joch"-Achse (Vomag), zweiffellos sehr zuverlässig, aber auch teuer, ist ebenfalls in Verbindung mit Leichtmetallgehäusen schon ein wesentlicher Fortschritt. Daß sich Leichtmetallgehäuse,

Abb. 7. Kirchbachsches Wellengelenk.

Abb. 8 und **9.**
Kirchbachsche Gummilasche mit eingebettetem Drahtseil.

A Gummipuffer
B Drahtseil
C Büchsen
D Ummantelung

Abmessungen.

Nr.	a	b	c	d	e	f
I	45	39	15	10	23	10
II	50	45	18	12	26	12
III	60	50	21	16	32	14
IV	80	64	25	20	38	16
V	100	75	29	24	44	18

Abb. 10. Gummipuffer, für Federaufhängung eingebaut.

Abb. 11. Gummipuffer.

Abb. 12. Einbau des vorderen Gummipuffers (zum Schleppen der Vorderachse).

zusammengebaut mit Stahlachstrichtern, allgemein einführen werden, muß, wenigstens für schwere Wagen, zweifelhaft erscheinen.

Der Antrieb durch Schnecke und Schneckenrad hat keine weitere Verbreitung erfahren trotz seiner unbestreitbaren Billigkeit. Schräg- oder bogenförmig verzahnte Kegelräder, bei schweren Wagen meist mit einem Stirnradgetriebe im Achsgehäuse vereinigt, werden vorgezogen.

Die Achsfedern — ausnahmslos in halbelliptischer Form — werden allgemein breiter gemacht und vielblättrig, auch länger und ohne Rippen, damit die Durchbiegung so groß wird, wie der verfügbare Raum sie zuläßt. Wo die Federn (bei niedrigen Rahmen) unter den Achsen hängen und daher die Übertragung der Seitenkräfte auch ohne Rippen gesichert ist, haben diese ja nur noch geringe Bedeutung. Die an sich sehr empfehlenswerte Einhüllung der Blattfedern in lederne oder aus Gewebe gewickelte Gamaschen — wofür mehrere Bauarten angeboten werden — ist leider noch wenig gebräuchlich, obwohl sie im Betrieb wesentliche Annehmlichkeiten und Ersparnisse zu ergeben vermag. Die Bemühungen, die Pflege der Wagenfedern im Betriebe zu vermindern, erstrecken sich auch auf die Schmierung der Aufhänge- oder Abstützorgane. Die Federlaschen rüstet man mit sogenannten „Öllos"-Büchsen aus, dickwandigen Büchsen aus einer getränkten Asbest-Graphit-Masse in einer Blechumhüllung. Diese haben zwar eine etwas höhere Reibung als gutgeschmierte Metallbüchsen, aber sie bedürfen — auf nur geschliffenen, nicht gehärteten Bolzen tragend — keiner Schmierung. Daneben herrscht eine merkliche Vorliebe für Gleitplatten, zum Teil ebenfalls unter Verwendung von getränkter Asbestmasse oder Vulkanfiber an Stelle der überlieferten Aufhängelaschen. Dafür spricht allerdings eine größere Beweglichkeit der Federenden bei Rahmenverwindungen und dadurch Schonung der oberen Federblätter (namentlich wenn die Abstützung in Kugelschalen erfolgt), dagegen ist durch das ungehinderte Eindringen von Staub ein größerer Verschleiß wahrscheinlich. Die Dämpfung der Federschwingungen durch „Öllos"-Büchsen oder Rutschplatten ist nicht unwillkommen, obwohl daduch die Feder, wenn auch nur sehr wenig, „härter" wird. Die Zusatzfedern haben keine weitere Verbreitung erfahren.

Eine in den Vereinigten Staaten entwickelte, völlig neuartige Federbefestigung wurde von einem deutschen Werk bereits gezeigt, Abb. 10 bis 12. Ein Gehäuse aus Stahlguß schließt einen Klotz aus hochwertigem Gummi ein, der wie ein Maul das Federende umfaßt. Die obersten Blätter sind mit einer Blechverstärkung versehen, die oben und unten nach Art einer viereckigen Pfanne ausgebildet ist und auf welche die Kiefer des Gummimaules beißen. Die Lebensdauer der Klötze, die auch keiner Wartung bedürfen, soll sehr bedeutend sein. Daß auch diese Aufhängung das Ansprechen der Feder auf Stöße etwas beeinträchtigt, ist wahrscheinlich.

Die Rahmen der Lastkraftwagen bestehen ausschließlich aus gepreßtem Blech, die Verstärkung durch Sprengwerke ist eine Seltenheit geworden. Die Bauformen sind vielfach weniger einfach geworden dadurch, daß sie — für Omnibusse — tief gelegt und über der Hinterachse im Bogen geführt sind. Der Blechverschnitt wird dadurch ungünstig, Preßvorgang und Nachrichtearbeit werden teurer.

Die Luftbereifung, für das Erhöhen der Fahrgeschwindigkeit, Vermindern des Fahrwiderstandes, Schonen von Fahrzeug und Straße gleich wichtig, hat sich in der Form des wulstlosen Cordreifens immer mehr durchgesetzt. Da man nach geringer Rahmen- und Plattformhöhe strebt, so werden an Stelle der hohen Einzelreifen, für die Hinterachsen neuerdings Doppelreifen kleineren Durchmessers gewählt. Bei größeren Wagen ist man darauf ohnehin angewiesen, weil der größte Reifen,

Abb. 13. Hinterrad für Doppel-Riesenluftreifen, Bauart Fischer; eine Felge mit aufgepumptem Reifen daneben.

Abb. 14. Anordnung der Klammern und Doppelkeilstücke.

der sich bisher praktisch bewährt hat (42 × 9″), nicht mehr als 2250 kg trägt. Die aus den Vereinigten Staaten übernommene Bauart des Rades[1]) für Einzelreifen und mit fester Felge verschwindet daher zugunsten der abnehmbaren Räder, welche die Mitführung betriebsfertiger Reifen für Vorder- und Hinterachse gestatten. Die früher an dieser Stelle geäußerten Bedenken gegen die Doppelbereifung hinsichtlich rechtzeitiger Beseitigung eines Reifenschadens mögen bei sorgfältiger Wartung zurücktreten, wünschenswert bliebe aber doch der Bau einer Schallvorrichtung, durch die sich das Entspannen eines Reifens bemerkbar macht.

Von den für abnehmbare Felgen entwickelten Rad-Bauarten seien zwei neuartige erwähnt. Das „Simplex"-Rad der Eisen- und Stahlwerke A.-G. vorm. Georg Fischer, Abb. 13 bis 17, besteht aus einem Speichenstern mit einer oder zwei abnehmbaren Felgen, die in der Mittelebene geteilt sind. Die Felge wird — mittels Spannklobens zusammengespannt — mit dem betriebsfertig aufgepumpten Reifen auf den Speichenstern gesetzt und um einen kleinen Winkel verdreht derart, daß die innen in der Felge angebrachten doppelkeilförmigen Ansätze in die passend ausgedrehten Speichenköpfe treten. Eingesteckte Riegel — durch einen Schnappstift gesichert — verhindern für alle Fälle die Drehung. Sie sind jedoch, solange der Reifen unter Spannung steht, entlastet, weil (nach Entfernung der Spannkloben) die Reibung der durch den Luftdruck auseinandergepreßten Keilstücke die Umfangskräfte überträgt. Das Einsetzen eines neuen Reifens in die Felge und das Wechseln einer solchen bei Reifenschaden unterwegs ist viel einfacher als bei der festen Felge, wenn natürlich auch infolge Rostbildung während langer Betriebszeit, Schwierigkeiten nicht ausgeschlossen sind.

[1]) Z. Bd. 66 (1922) S. 445.

RZ60Z17

Abb. 18. Werner-Vorderrad mit abnehmbarer Felge für Doppel-Riesenluftreifen.

Beim Werner-Rad, Abb. 18 bis 20, wird ebenfalls ein Speichenstern benutzt, während für die Felge die bisherige Bauform mit abnehmbaren Seitenringen und federndem Sicherungsring beibehalten ist. Die Hälfte der Speichen hat feste, die gegenüberliegende Hälfte abnehmbare zweiteilige Köpfe mit Spannschrauben. Wenn gut angezogen, sind die Köpfe auch von der Übertragung der Umfangkräfte entlastet, weil die Reibung an den Doppelkeil- (genauer Kegel-) Flächen dazu ausreicht.

Die Scheibenräder, aus in Kegelform gepreßtem Blech, mit der Radnabe in der von Personenwagen her bekannten Weise durch Schrauben verbunden und mit gewalzter und geschweißter Felge versehen, haben sich auch für Riesenluftreifen bewährt. Sie werden neuerdings auch in Stahlguß hergestellt. Die Felge ist wie in Abb. 19 gestaltet.

Durch die abnehmbaren Räder und Felgen ist die Luftpumpe nicht entbehrlich geworden, und sie findet sich daher an jedem luftbereiften Nutzwagen vor. Eine durch ihre Einfachheit bestechende Neuerung bringt Fried. Krupp

Abb. 19 und 20. Werner-Hinterrad mit abnehmbarer Felge für Doppel-Riesenluftreifen.

RZ60Z13

Abb. 15. Klammerverbindung der zweiteiligen Felge, Bauart Fischer.

RZ60Z15u16

Abb. 16 und 17. Doppelreifenrad, Bauart Fischer.

RZ60Z20

Abb. 21. Zylinder mit Umsteuerkopf für Luftpumpenbetrieb am Krupp-Motor.

A.-G. bei einem neu entworfenen 1½ bis 2 t-Wagen, Abb. 21. Einer der Motorzylinder trägt einen „Umsteuerkopf", der mit selbsttätigem Saug- und Druckventil versehen ist. Ein- und Auslaßventil des Zylinders werden durch Hochschrauben der Schwinghebellagerung ausgeschaltet, während ein Reifen aufgepumpt wird. Dann wird das selbsttätige Luftsaugventil durch eine Knebelschraube wieder gesperrt.

Die V o l l g u m m i r e i f e n haben in bezug auf ihre elastischen Eigenschaften wesentliche Verbesserungen erfahren, teils durch Anordnung von Einkerbungen an der Oberfläche, teils durch Aussparen von Hohlräumen im Innern, so daß auch mit solchen Reifen nicht unwesentlich größere Fahrgeschwindigkeiten erreichbar sind bei großer Betriebsicherheit und sogar geringerer Straßenbeanspruchung. Die Räder für Vollgummibereifung zeigen noch gar keine Einheitlichkeit. Das altbewährte Holzrad ist durch das Stahlgußrad in Hohlspeichen- und Scheibenanordnung nicht verdrängt. Auch blechgepreßte (Mulag) und gewalzte (Krupp) Scheibenräder sind zu sehen. Das Leichtmetallrad (Siluminguß) wird angestrebt, ohne daß über seine Bewährung schon endgültig geurteilt werden könnte. Normräder haben sich auch noch nicht durchgesetzt, was an der lebhaften Entwicklung der Bereifungsfrage und dem Vordringen der Vorderradbremse liegen dürfte, durch die die Radbauform grundlegend beeinflußt wird.

RZ60Z21-22

Abb. 22 und **23.** Bremsbacken mit aufgeschraubtem Metall-Asbest-Belag des 5 t-Kardanwagens der MAN.

Bei den B r e m s e n ist festzustellen, daß man, um die höhere Reibung auszunutzen (die Bremswege zu verkürzen), und wegen der längeren Lebensdauer sowie der geringeren Wartung im Betriebe zu den Belägen aus Metall-Asbest-Gewebe übergeht, in deren Herstellung erhebliche Fortschritte gemacht worden sind, insofern man sie hitzebeständig, unerweichbar und hartgepreßt herstellt. Sie werden im allgemeinen mit Weichmetallnieten, bei der MAN mittels Schrauben, befestigt, Abb. 22 und 23.

Beim schnellfahrenden, luftbereiften Lastwagen beginnt die Vierradbremse bereits eine Rolle zu spielen. Nun liegen allerdings bezüglich der hierdurch möglichen weiteren Verkürzung des Bremsweges beim Lastwagen insofern ungünstigere Verhältnisse vor, als hier, im Gegensatz zum Personenwagen, die Vorderachsdrücke einen kleineren Anteil des Gesamtgewichts darstellen, nur etwa ¼ bis ⅓. Die immerhin erhebliche Verteuerung und verwickeltere Bauart des Wagens bringt also günstigstenfalls eine Verkürzung des Bremsweges auf 66 vH mit sich und erhöht zudem das Wartungsbedürfnis nicht unerheblich. Mehr Berechtigung hat die Vorderradbremse bei den Niederrahmen-Omnibussen mit sehr großem Achsstand (s. den Schlußteil) und dadurch vergrößerter Vorderachsbelastung. Jedenfalls nötigt der Wettbewerb die Werke zur Vorbereitung der Einführung, und so sah man mehrere Ausführungen ausgestellt (Beispiele später: Abb. 48 bis 54). Es wäre zu wünschen, daß, ehe sich die Nutzwagenindustrie auf die Neuerung einstellt, behördlicherseits Stellung genommen würde zu der in den VDI-Nachrichten 1924 Nr. 50 gegebenen Anregung. So könnte wenigstens die Getriebebremse oder eine zweite unabhängige Hinterradbremse (wie Daimler sie ausstellt) erspart werden.

Beachtung verdienen die Bestrebungen der Knorr-Bremse-A.-G. um die Anwendung der Druckluft für das Bremsen von Lastzügen, die in England schon seit längerer Zeit versucht wird und deren Berechtigung unbestreitbar ist. Die Körperkräfte eines Wagenführers reichen für die Ausnutzung des Reibungsgewichtes bei Lastzügen von 10 t Nutzlast schon nicht mehr aus, wenn s c h n e l l e Betätigung (in Gefahrfällen) verlangt wird. Eine Spindelbremse ist wegen des Zeitaufwandes für einen Kraftwagenführer ungeeignet. Die gesetzliche Vorschrift, daß ein Anhänger einen besonderen Bremser haben soll, löst die Aufgabe auch nicht für Gefahrfälle; denn der Bremser muß erst verständigt werden. Die Anordnung einer Spindelbremse auf dem Kraftwagen, die auf dessen Hinterräder und zugleich auf den Anhänger wirkt und vom Wagenbegleiter bedient wird, wäre nach Ansicht des Verfassers wegen der Staubentwicklung hinter dem Kraftwagen auch in hygienischer Beziehung richtiger. Sie so auszubilden, daß der Anhänger bei Kupplungsbruch selbsttätig gebremst wird, wäre technisch allerdings auch ohne Anwendung von Druckluft leicht möglich. Die Vorführungen der Knorrbremse-A.-G. mit einem Lastzug anläßlich der Ausstellung waren höchst anregend und wohlgelungen. Die bei der Durchbildung der Einzelheiten und der Berücksichtigung der besonderen Verhältnisse des Kraftwagenbetriebes geleistete Arbeit (z. B. Anwendung von Leichtmetall) verdient uneingeschränkte Anerkennung. Man muß sich aber vorläufig noch fragen, ob die doch recht verwickelte Apparatur auch in den Händen eines Durchschnitts-Kraftwagenführers bei weniger guter und sachkundiger Wartung stets betriebsfähig bleibt. Das Fahrgestell eines Straßenfahrzeuges ist doch andern Verwindungen ausgesetzt als ein Eisenbahnfahrzeug, und es ist (namentlich beim Omnibus) weit weniger zugänglich, so daß eine undichte Rohrverbindung nicht leicht gefunden und wieder abgedichtet werden kann. So darf der Meinung Ausdruck gegeben werden, daß die größte Einfachheit allein bei bester Zugänglichkeit der Bauteile zum Erfolg führen kann.

Die S c h m i e r u n g der beweglichen Teile des Fahrgestells — Motor, Wechselgetriebe und Hinterachsgehäuse haben stets Ölbadschmierung — erfolgt (nach amerikanischem Vorbilde) allgemein durch Handschmierpressen.

Die früher allgemein gebräuchlichen (Stauffer-) Fettkapseln, die mühselig einzeln abgenommen, gesäubert und gefüllt werden mußten, sind verlassen worden. Überall, wo eine tägliche oder halbtägliche Abschmierung ausreichend ist, werden Schmierhütchen mit kleinem Kugelventil angebracht, deren Ausführung im wesentlichen stets dieselbe ist. Die Fettschmierpressen werden entweder mit beweglichem Schlauch und einem Schnellverschlußkopf an die Schmierhütchen angeschlossen, worauf das Fett durch Einschrauben des Spritzkolbens (mit 30 bis 40 kg/cm²) in die Schmierstelle gedrückt wird; oder sie sind so eingerichtet, daß ein Handdruck genügt, um aus dem dünnen Schnabel der Kolbenspritze, der nur auf das Ventilchen des Schmierhütchens gehalten wird, das Schmiermittel (mit 300 bis 400 kg/cm²) in die Schmierstelle zu drücken. Diese einfachen und verhältnismäßig sehr billigen Zubehörteile haben außerordentliche Bedeutung, weil nicht nur schwer zugängliche Stellen überhaupt regelmäßig geschmiert werden können, sondern weil die Erleichterung des sonst sehr beschwerlichen Schmiervorganges eine gewisse Gewähr dafür gibt, daß der Wagenführer seinen Pflichten nachkommt. [B 60] (Schluß folgt.)

Wilhelm Borchers †.

Am 6. Januar 1925 starb nach längerer Krankheit, die ihn bereits zu Anfang des Wintersemesters zur Unterbrechung seiner Lehrtätigkeit gezwungen hatte, in seiner Vaterstadt Goslar der Geh. Regierungsrat Professor an der Technischen Hochschule Aachen Dr. phil. Dr.-Ing. eh. Wilhelm Borchers. Er hatte sich hier einer Operation unterzogen, von der er Heilung seines Leidens erhoffte. Obwohl über den ernsthaften Charakter der Krankheit kein Zweifel war, traf die Todesnachricht seine zahlreichen Freunde und Bekannte doch schwer; denn Borchers war seinen Kollegen stets ein treuer, zuverlässiger Freund, seinen zahlreichen Schülern ein freundlicher Berater und eifriger Förderer gewesen. Bis in die letzten Lebenstage hatte er alle Arbeiten in dem von ihm geleiteten Institut für Metallhüttenkunde verfolgt und mit seinen Abteilungskollegen und Assistenten über alle die Fakultät und sein Institut betreffenden Fragen einen lebhaften Meinungsaustausch unterhalten.

Wilhelm Borchers wurde am 6. Oktober 1856 als Sproß einer alteingesessenen, angesehenen Bürgerfamilie in Goslar am Harz geboren. Nach Absolvierung des Realgymnasiums seiner Vaterstadt widmete er sich an den Universitäten Greifswald und Erlangen dem Studium der Naturwissenschaften, insbesondere der Chemie. Am 2. März 1876 schloß er seine Studien in Erlangen durch die Promotion ab, diente dann 1878/79 als Einjährig-Freiwilliger im Kgl. Bayer. Leibregiment und trat 1879 als Laboratoriums- und Betriebschemiker bei der Firma E. de Haën in Hannover ein. 1882 ging er nach den Vereinigten Staaten von Amerika, um im Auftrage der Colonial Chemical Works in West-Medfort (Mass.) die Erbauung und Leitung einer chemischen Fabrik zu übernehmen. Nach fünfjährigem Aufenthalt kehrte er 1887 nach Europa zurück und trat bald darauf wieder bei seiner früheren Firma ein, die ihm die Oberleitung der metallurgischen, maschinellen, elektrischen und feuerungstechnischen Anlagen des Werkes übertrug. 1891 schied er aus dieser Stellung wieder aus und bezog zur Vollendung seiner Ausbildung noch einmal die Bergakademie Clausthal, wo er 2 Semester lang Hüttenkunde und Hüttenmaschinenwesen studierte. 1892 erhielt er eine Anstellung als Lehrer der Metallhüttenkunde und Chemie an der Kgl. Maschinenbau- und Hüttenschule in Duisburg. Von hier aus wurde er 1897 an die Technische Hochschule Aachen berufen und übernahm die neu eingerichtete außerordentliche Professur für Metallhüttenkunde und Elektrometallurgie, die zwei Jahre später in eine ordentliche umgewandelt wurde.

27 Jahre hat er hier als Lehrer und Forscher überaus segensreich gewirkt und aus bescheidenen Anfängen heraus sein Laboratorium entwickelt, das dann im Jahre 1908 zusammen mit dem Institut für Eisenhüttenkunde in einem zeitgemäß eingerichteten Neubau, dem Naumann-Institut, untergebracht wurde. Weit über 100 Forschungsarbeiten aus den verschiedensten Gebieten des Metallhüttenwesens sind aus seinem Institut hervorgegangen und haben wertvolle Aufschlüsse über die wichtigsten Vorgänge der Metallgewinnung und Metallverarbeitung gegeben. Durch diese Forschungen kam Borchers in vielfache Beziehungen zur Metallindustrie der ganzen Welt. Außerordentlich umfangreich war seine gutachtliche Tätigkeit, und zahlreich sind die Auskünfte, die er in selbstloser Weise, nicht nur früheren Schülern, sondern allen erteilte, die seinen Rat erbaten.

Neben seinen Arbeiten als Lehrer und Forscher entwickelte Borchers auch eine umfangreiche literarische Tätigkeit. 1894 gründete er mit Arthur Wilke die „Zeitschrift für Elektrotechnik und Elektrochemie", die seit ihrem 2. Jahrgang „Zeitschrift für Elektrochemie" heißt und 1900 von der Deutschen Bunsengesellschaft erworben wurde. Von 1894/1900 gab er mit Walther Nernst das „Jahrbruch für Elektrochemie" heraus. 1904 gründete er, zunächst für das Metallhüttenwesen, die Zeitschrift „Metallurgie", die er seit 1906 gemeinsam mit Friedrich Wüst als Zeitschrift für das gesamte Hüttenwesen herausgab. Diese Fachzeitschrift überließ er der Gesellschaft deutscher Metallhütten- und Bergleute bei ihrer Gründung als Vereinsorgan und stellte als 1. Vorsitzender des Vorstandsrates für ihre Weiterentwicklung seine reiche Erfahrung zur Verfügung. 1891 erschien unter dem Titel „Elektro-Metallurgie" sein erstes Werk in Buchform, das verschiedene Auflagen erlebte und in fast alle Kultursprachen übersetzt wurde. 1892 gab er sein Lehrbuch „Anorganische Chemie" heraus, 1897 ein weiteres Buch über „Entwicklung, Bau und Betrieb der elektrischen Öfen zur Gewinnung von Metallen, Carbiden und anderen metallurgisch wichtigen Produkten", das 1923 in 4. Auflage unter dem Titel „Die elektrischen Öfen" erschien. 1908 folgte dann noch ein kurzes Lehrbuch für Studierende über das gesamte „Hüttenwesen", (2. Auflage 1921). Die Ergebnisse seiner Forschungsarbeiten faßte er in seinem großen Werke „Metallhüttenbetriebe" zusammen, von dem in den Jahren 1915/24 vier Bände, die Kupfer (1),

Nickel (2), Aluminium (3), Zinn, Wismut und Antimon (4) behandeln, erschienen sind.

Um die Verwaltung der Aachener Hochschule hat sich Borchers unvergängliche Verdienste erworben. Fünf Jahre lang, von 1904/09, hat er ihre Geschicke als Rektor geleitet. In diese Zeit fällt die Erweiterung des Hochschulgeländes, die Borchers, in klarer Erkenntnis ihrer grundlegenden Bedeutung für die künftige Entwicklung der Hochschule, mit der ihm eigenen Energie und Zähigkeit betrieb und unter Überwindung zahlreicher Schwierigkeiten zu einem glücklichen Gelingen führte. In Anerkennung seiner zielbewußten und erfolgreichen Amtsführung wurde die Borchers-Plakette gestiftet, die als Auszeichnung für besonders hervorragende Leistungen an Doktoranden verliehen wird. Der Hochschule nahestehende Kreise der Industrie ehrten ihn durch eine nach ihm benannte Stiftung, deren Ertrag den Studierenden seiner Fachrichtung zugute kommt.

Auch an amtlichen Auszeichnungen hat es ihm nicht gefehlt. 1902 erhielt er den Charakter eines Geheimen Regierungsrates, 1907 wurde er als Vertreter der Hochschule auf Lebenszeit ins Herrenhaus berufen. In Anerkennung seiner Verdienste bei den Vorarbeiten zur Errichtung der neuen Hochschule in Breslau wurde ihm von dieser 1911 die Würde eines Dr.-Ing. eh. verliehen. Aus Anlaß seines 25jährigen Amtsjubiläums ernannte ihn die Aachener Hochschule 1924 zu ihrem Ehrenbürger.

Im Aachener Bezirksverein deutscher Ingenieure hat Borchers lange Jahre eine große Rolle gespielt. Schon bald nach seiner Übersiedelung nach Aachen wandte er seine besondere Aufmerksamkeit dem Vereinsleben zu. Im Bezirksverein wußte man dies in jener Zeit, wo die Elektrometallurgie ihre erste bedeutende Entwicklung erlebte, sehr zu schätzen, besonders da Borchers als einer der Begründer und bedeutendsten Vertreter dieses neuen Zweiges der Hüttentechnik bekannt war. So hat Borchers in den ersten Jahren seiner Aachener Tätigkeit im Bezirksverein eine große Anzahl von Vorträgen über elektrometallurgische Fragen gehalten. Schon gleich der erste dieser Vorträge, der am 3. August 1898 stattfand, hinterließ einen starken Eindruck, zumal er mit Schmelzversuchen verbunden war, die den meisten Zuhörern etwas ganz Neues brachten. An dem Ausbau und der Vollendung der von ihm und seinem Kollegen Wüst ins Leben gerufenen neuen hüttenmännischen Institute der Hochschule, die in allen Kulturländern lebhafte Beachtung fanden, hat er auch den Bezirksverein teilnehmen lassen. Dem Vorstand gehörte er in den Jahren 1902/04 an, zuletzt als Vorsitzender. Daneben war er an den Arbeiten der Sonderausschüsse viele Jahre eifrig tätig.

Borchers war ein Mann von großen Erfolgen und hohem wissenschaftlichen Rang, eine willensstarke, zielbewußte Persönlichkeit von unabirrbarer Rechtschaffenheit, hingebender Pflichttreue und steter freundlicher Hilfsbereitschaft, dabei einfach und bescheiden in seinem Auftreten und seiner Lebensweise. Sein Andenken wird in unsern Kreisen unvergessen bleiben. [P 356]

Aachener Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure.

Vorreinigung des Kühlwassers für Oberflächen-Kondensatoren.

Durch chemische und mechanische Vorreinigung des Kühlwassers kann das Verschmutzen der Kühlrohre sehr vermindert werden. Während man durch chemische Reinigung nur aus einem kleinen Teil des Kühlwassers schädliche Salze entfernen kann, ist es möglich, die gesamte Kühlwassermenge auf mechanischem Wege mittels umlaufender Schlitzrechen, Abb. 1, zu behandeln. Solche Anlagen sind schon längere Zeit aus der Technik der Abwasserreinigung bekannt. Sie haben sich in neuerer Zeit aber auch bei Kraftwerken bewährt. Um die Leistung der feinmaschigen Siebe zu verbessern, schaltet man vor diese einen Rechen, der die groben Verunreinigungen, wie Laubwerk, Gräser usw., abfängt.

Das umlaufende Sieb und der Grobrechen werden außerhalb des zu reinigenden Wassers mit Druckwasser oder Bürste gesäubert. Der Druckverlust, den die Reinigung hervorruft, hängt von der Maschenweite und dem Baustoff des Siebes ab, Abb. 2, ist aber bei den üblichen Wassergeschwindigkeiten gering.

Eine andre Art der mechanischen Reinigung kann dort benutzt werden, wo es nur darauf ankommt, das Kühlwasser von schlammigen oder sandigen Bestandteilen zu befreien. Der in den Kühlrohren sich absetzende Schlamm wird durch gelegentliche Erhöhung der Wassergeschwindigkeit gelöst und mit dem Kühlwasser herausgeführt.

Bei einem dritten Verfahren wird in die Kühlrohre von Zeit zu Zeit entgegen der Durchflußrichtung des Kühlwassers ein kräftiger Strahl eines Druckluft-Wasser-Gemisches, das eine besondre Spülpumpe erzeugt, eingeblasen. Der entstehende Wirbel löst den abgesetzten Schlamm, der dann durch das Kühlwasser hinausbefördert wird. (AEG-Mitteilungen 1925 Nr. 1.)

[M 128] F. J.

RZ 128 Z1

Abb. 1. Umlaufender Schlitzrechen mit einseitigem äußeren Zulauf zum Reinigen von Kondensations-Kühlwasser.

Abb. 2. Druckverlust in umlaufenden Rechen.
Baustoff und Maschenweite:
a Kupfer einfach 35, *b* Bronze verdrillt 35
c Messing-Kupfer verdrillt 50
d Kupfertresse 8.

Abmessungen der Kuppelöfen.

Berichtigung. Zu der Veröffentlichung in Z. Nr. 10 vom 7. März 1925 Seite 301 tragen wir nach, daß der Aufsatz ursprünglich in der Zeitschrift „Die Gießerei" Bd. 11 (1924) Heft 20, Seite 268 erschienen ist. Er stellt die mit dem ersten Preis ausgezeichnete Arbeit zu dem vom Verein Deutscher Eisengießereien ausgeschriebenen Wettbewerb „Die Abmessungen der Kupolöfen" dar. [N 397]

Neuere englische Dampfturbinen.

Aussprache im Berliner Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure am 7. Januar 1925

Neuzeitliche Baustoffe — Kleinturbinen — Untersuchungen an Teilen von englischen Dampfturbinen — Schwingungserscheinungen — Wirkungsgrade.

Im Anschluß an den auf S. 85 u. f. dieses Jahrgangs abgedruckten Vortrag von Dr.-Ing. Kraft fand eine ergiebige Aussprache statt, aus der wir folgendes wiedergeben:

Hr. F. Kissing sprach über die neuzeitlichen Baustoffe für Dampfturbinen.

Wie in England findet auch bei uns die Verwendung von Stahlguß statt Gußeisen für Turbinengehäuse, Dampfeinlaßorgane usw. Eingang. Bei Dampfturbinen kommen zurzeit Höchsttemperaturen von rd. 350 bis 400° in Frage. Bis zu dieser Grenze nimmt die Zugfestigkeit nur wenig, die Dehnung um rd. 25 vH ab, s. Abb. 1. Stahlguß hat dabei noch den Vorteil, daß man seine Gußspannungen durch Ausglühen besser als bei Gußeisen beseitigen kann und er bei wiederholtem Erhitzen nicht wächst. Man hat festgestellt, daß diese Raumzunahme beim Gußeisen in der Hauptsache durch den Siliziumgehalt hervorgerufen wird. Verringert man diesen, so kann man das Wachsen auf ein erträgliches Maß einschränken. Schon bei 1,5 vH Siliziumgehalt ist das Wachsen sehr gering. Bei 1 vH Siliziumgehalt wird aber Gußeisen außerordentlich hart und schwer bearbeitbar. Es hat natürlich keinen Sinn, solches Gußeisen auch für Grundplatten, Lagerkörper, Niederdruckgehäuse usw. zu verwenden, die nur niedrigeren Temperaturen ausgesetzt sind. Ein anderer Guß, der nicht wächst, ist Perlitguß, dessen Preis aber viel höher ist.

Für Wellen, Trommeln und Radscheiben verwendet man in neuerer Zeit vielfach legierte Baustoffe. Hierbei erreicht man 60 bis 70 kg/mm² Zugfestigkeit, bei Ritzelstahl sogar 85 kg/mm². Für Turbinenschaufeln hat man bisher in Deutschland in den HD-Stufen 5 vH-Nickelstahl, in den MD-Stufen Messing und Nickelmessing und in den ND-Stufen 5 vH-Nickelstahl benutzt. Infolge der hohen Temperaturen ist aber hierin eine wesentliche Wandlung eingetreten. Man geht immer mehr dazu über, in den HD-Stufen nichtrostenden Stahl zu verwenden. Dieser hat bei höheren Temperaturen wesentlich höhere Festigkeit als 5 vH-Ni-Stahl, Abb. 2. Die Zugfestigkeit zeigt nur bei 400° eine Abnahme und bleibt sonst ziemlich konstant. Kennzeichnend ist die Abnahme der Dehnung bei ungefähr 300°. Auch für die ND-Stufen benutzt man in Deutschland manchmal nichtrostenden Stahl, da er auch bei verhältnismäßig nassem Dampf nicht rostet.

Als Schaufelbaustoff kommt in England und besonders in Amerika vielfach das Monelmetall in Betracht, das 67 vH Nickel, 28 vH Kupfer und 5 vH andre Stoffe enthält. Seine Festigkeit kommt der von gutem Stahl sehr nahe, auch rostet es nicht, s. Abb. 3. Nach 9 Jahren Betriebszeit sehen die Schaufeln, obwohl die Radscheibe sehr stark verrostet ist, noch gut aus. Besonders die Schaufelkanten haben sich im Gegensatz zu Schaufeln aus Nickelmessing, einem dem Monelmetall in der Zusammensetzung ähnlichem Metall, Abb. 4, sehr gut gehalten. Allerdings kann man auch bei Monelmetall-Schaufeln mitunter starke Auswaschungen beobachten. Wie weit das Monelmetall gegen mechanische Auswaschungen widerstandfähig ist, scheint noch nicht völlig geklärt zu sein.

Abnutzungen an Schaufeln erzeugt auch Kesselstein, der beim Überkochen vom Dampf mitgeführt und im Überhitzer zu feinem Staub gebrannt wird. Er wirkt dann wie ein Sandstrahl und schleift die Kanten der Schaufeln stark ab. Messingschaufeln und Messingfüllstücke kann man im allgemeinen bis zu 200 und 230° verwenden. Bei höheren Temperaturen läßt aber die Festigkeit nach, das Messing reckt sich und drückt die Füllstücke heraus.

In Abb. 5 sind Ergebnisse von Rostversuchen an Nickelstahl, Monelmetall, verschiedenen Bronzen usw. dargestellt. Die Proben wurden vollständig in fließendes Wasser eingetaucht oder abwechselnd naß und trocken gehalten (Dampfturbinen mit Betriebsunterbrechung, Sickerdampf) oder endlich Dampf von 100 °C. in Gegenwart von Sauerstoff ausgesetzt, wobei die Gewichtabnahme bestimmt wurde. Es zeigte sich dabei, daß kein Stahl allen drei Arten der genannten Einwirkungen widersteht. Die geringste Ge-

Abb. 1. Warmzerreißkurven von Stahlguß.

Abb. 2. Warmzerreißkurven von nichtrostendem Stahl (V 5 M).

Abb. 3. Laufradschaufeln aus Monelmetall nach 9 Jahren Betriebzeit.

Abb. 4. Schaufeln eines Leitapparates aus Nickel-Messing nach 3 Jahren Betriebzeit.

Abb. 6 und 7. Spannungsverlauf in einem Trommelabschnitt der Parsons-Turbine bei $n = 3000$ Uml./min.

a Tangentialspannung in der ausgeführten Trommel
b Tangentialspannung in der Scheibe gleichbleibender Dicke von gleichem Außen- und Innendurchmesser
c Radialspannung in der ausgeführten Trommel
d Radialspannung in der entsprechenden Scheibe gleichbleibender Dicke

Abb. 8. Resonanzbeanspruchung von Turbinenschaufeln bei partieller Umfangsstörung.

wichtabnahme bei der zweiten und dritten Art der Behandlung, die für Schaufelbaustoffe besonders wichtig sind, hatten eine Cr-Legierung, Monelmetall sowie Phosphor- und Manganbronze.

Hr. O. Koehn sprach sodann über Kleinturbinen.

In Deutschland hat die Dampfturbine auch bei Leistungen unter 500 kW die Kolbenmaschine immer mehr verdrängt. In England hat diese Bewegung scheinbar noch größeren Erfolg gehabt. Diese Entwicklung ist durch die Zahnradvorgelege begünstigt worden. Bei kleinen Leistungen muß die Turbine, wenn sie in Wirtschaftlichkeit, Raumbedarf und Preis der Kolbenmaschine überlegen sein soll, in der Regel wesentlich schneller laufen als der Stromerzeuger oder die Arbeitsmaschinen. In England ist man in den Turbinendrehzahlen zum Teil noch wesentlich höher gegangen als bei uns.

Die Abneigung, die noch vor wenigen Jahren gegen Zahnradvorgelege bestand, scheint geschwunden zu sein. Während des Krieges hatten die Vereinigten Staaten für den Reihenschiffbau zuerst die Herstellung solcher Zahnradgetriebe im großen Umfang aufgenommen, ohne genügend genaue Werkzeugmaschinen zu haben. Dabei sind häufig Anstände vorgekommen. Heute liefern unsre Fräs- und Hobelmaschinen Verzahnungen, die, gemessen von Zahn zu Zahn, auf rd. 0,01 mm und darunter genau sind und die bei den für Kleinturbinen in Frage kommenden Leistungen von 500 bis 1000 kW Wirkungsgrade von 97,5 bis 98,5 vH, bei rd. 300 kW Leistung 97 vH Wirkungsgrad einschließlich der Ritzel- und Radlagerverluste ergeben. Da die Lager den Hauptanteil an den Verlusten haben, so könnte man die Wirkungsgrade durch bessere Ausbildung der Lager noch erhöhen. Vielleicht verbrauchen die

Abb. 5. Gewichtabnahme verschiedener Werkstoffe bei Rostversuchen.

Michell-Lager weniger Reibungsarbeit, da sie viel kürzer als zylindrische Lager sind.

Bei uns werden die Pfeilverzahnungen der Getriebe nach dem Abwälzverfahren in zwei oder mehreren Schnitten gefräst. Zwischen den beiden Kranzhälften muß zum Anschneiden und Auslaufen des Fräsers ein Raum freibleiben, der rd. 15 bis 20 mal Modul beträgt. Bei kleinen Leistungen ist die Kranzbreite oft nicht größer als der notwendige Zwischenraum, was die Baulänge vergrößert; bei großen Leistungen wird die freitragende Länge und damit die Durchbiegung und Verdrehung der Ritzel durch den Zwischenraum zu groß und zwingt dazu, den Durchmesser des Ritzels und damit auch des Rades zu vergrößern. Bei kleinen Leistungen hilft man sich daher damit, daß man nur einen Kranz mit einseitig geneigten Zähnen verwendet und den Axialdruck durch ein Drucklager abfängt. Bei größeren Leistungen ist das aber nicht mehr möglich.

Maag hat mit seiner Stirnverzahnung diese Mängel zwar beseitigt, nimmt dafür aber die Nachteile der Stirnverzahnung, d. h. plötzlichen Zahnwechsel, höhere Beanspruchung, größere Empfindlichkeit der Verzahnung gegen Ungenauigkeit in der Teilung, in Kauf. Er hilft sich dadurch, daß er die Zähne, nachdem sie im Hobelverfahren geschnitten sind, mit einer besonderen Vorrichtung sehr genau schleift. Das ermöglicht außerdem, im Einsatz gehärtete Zahnräder nachträglich zu bearbeiten und die Spannungsfehler herauszubringen. Das Schleifen ist aber zeitraubend und bei ungehärteten Rädern nicht wesentlich genauer als das einfache Wälzfräsen.

In England wird nun eine Hobelmaschine nach Sykes[1]) gebaut, die Pfeilzähne ohne Zwischenraum zwischen den Zahnhälften bearbeiten kann. Solche Winkelzähne mit Fingerfräsern herzustellen, ist zwar bekannt, aber infolge der starken Abnutzung der Fingerfräser und der dadurch entstehenden Ungenauigkeiten der Verzahnung ist dieses Verfahren für hochwertige schnellaufende Zahnradvorgelege nicht geeignet. Auch das Sykes-Verfahren ist, ebenso wie das Fräsen mit dem Fellows-Fräser, womit man ähnliches erreichen will, schon lange bekannt, aber über die Erfolge, vor allem des Sykes-Verfahrens, hat man wenig oder garnichts erfahren.

Hr. Prof. Hort berichtete über einige Untersuchungen an Teilen von englischen Dampfturbinen.

Abb. 6 und 7 zeigen einen Ausschnitt aus einer ND-Trommel und das Ergebnis der Berechnungen über die Verteilung der tangentialen und radialen Spannungen nach Donath. Die dicken Linien entsprechen der Voraussetzung, daß die Trommel massiv, ohne die Aussparungen wäre. Die Aussparungen erniedrigen die Spannung erheblich, an der Nabe um rd. 30 vH. Tatsächlich ist diese Trommel durch die Fliehkraft mit 1200 kg/cm² beansprucht.

In englischen und amerikanischen Zeitschriften findet man folgende Regel: Um Gefährdung von Turbinenschaufeln durch Schwingungsresonanz zu vermeiden, muß man die niedrigste Schwingungszahl der Schaufel mindestens 3½ mal so groß machen wie die Drehzahl. Zur Nachprüfung dieser Regel dient folgende Betrachtung: Gefährliche Beanspruchungen der Schaufeln durch Schwingungen werden oft durch Teilbeaufschlagungen hervorgerufen. Schwingungen kommen aber auch in Rädern vor, die nach der Bauart eigentlich regelmäßig beaufschlagt sein müßten. Man kann nämlich nicht vermeiden — welche Umstände da-

[1]) s. S. 482 dieses Heftes.

Abb. 9. Schwingungsbild mit 2 Knotendurchmessern.

Abb. 10. 4 Knotendurchmesser.

Abb. 11. Schwingungsbild mit 5 Knotendurchmessern.

Abb. 9 bis 11. Schwingungsbilder einer ruhenden Turbinenscheibe.

bei mitspielen, bleibe dahingestellt —, daß kleine Strömungsstörungen in der Turbine in Richtung des Umfangs vorkommen. Eine solche Störung ist in Abb. 8 angenommen. Die Abszisse des rechteckigen Linienzuges sei der Radumfang, die Hauptordinate k_b sei die normale Beanspruchung der Schaufel. Die kleine Störung werde mit ε im Verhältnis zu 1 bezeichnet. In der folgenden Rechnung wird $\varepsilon = 0{,}1$ vorausgesetzt, d. h., die Strömung der Turbine sei an gewissen Stellen des Umfangs um 10 vH kleiner als normal.

Die normale Biegungsbeanspruchung k_b in der Richtung des Radumfanges, die die Schaufel durch den arbeitenden Dampf erfährt, ist bei Turbinen oft erheblich, z. B. = 450 kg/cm². Z ist die Gesamtzahl der Schaufeln, z ist die Schaufelzahl in einem Paket, wenn man annimmt, die Schaufeln seien durch aufgenietete Bänder in Pakete zusammengefaßt, α' ist der halbe Bereich der normalen Umfangskraft und $\pi - \alpha'$ der halbe Bereich der Umfangsstörung. Diese Größen sind nach dem Gefühl anzunehmen. Es sei vorausgesetzt, daß ein erheblicher Teil des Umfangs an der Störung teilnimmt, wo $\alpha' = 70°$. Das logarithmische Dekrement ϑ ist durch Versuch zu bestimmen. Wenn man eine Schaufel anschlägt, dann tönt sie wie eine Stimmgabel und klingt ab, und ϑ ist der Logarithmus der Verhältnisse zweier aufeinanderfolgender Amplituden; für ϑ kommen Beträge von 0,01 bis 0,02 in Frage. λ ist die Kreisfrequenz der niedrigsten Schaufelschwingung, ω die Drehzahl des Rades.

Die Resonanztheorie der Turbinenschaufeln liefert für $\lambda = k\omega$ die zusätzliche Biegungsbeanspruchung

$$\sigma_{dk} = k_b\, C_k\, \frac{\pi}{\vartheta},$$

wo C_k ein mit Hilfe der Fourierentwicklung der Umfangsstörung gewonnener Beiwert im Betrage von

$$C_k = \frac{2\,\varepsilon}{(\pi\, k)^2}\,\frac{Z}{z}\,\sin k\alpha' \sin k\,\pi\,\frac{z}{Z} \quad (k > 0)$$

ist. Die Auswertung liefert für Räder, die in Luftleere laufen, für $k = 3$ den Wert $\sigma_{dk} \simeq 2\,k_b$; Resonanz mit der dritten Harmonischen vorausgesetzt, bedingt also die Gesamtbeanspruchung $3\,k_b$ = rd. 1350 kg/cm². Das ist aber schon eine gefährliche Beanspruchung. Anderseits wird, wenn $k = 4$, da C_k proportional $1 : k^2$ abnimmt, die Beanspruchung $^9/_{16}\,\sigma_{dk}$ und bei $k = 5$ wird $\sigma_{dk} = \frac{9}{25}\,\sigma k$. Für $k = 3$ treten also noch beachtliche Zusatzbeanspruchungen durch die Resonanz auf. Diese nehmen rasch ab, wenn man zu höheren Harmonischen übergeht.

Neuerdings hat man Schwingungen von Turbinenscheiben auch experimentell untersucht. Die General Electric Co. hat Räder von 2 m Dmr. mit Papier beklebt und durch Wechselstrom-Elektromagneten am äußeren Rand erregt. Dabei ordnet sich aufgestreuter Sand zu Figuren an, die stark an die Chladnischen Klangfiguren erinnern, wenn die Erregungsfrequenzen mit einer der Eigenfrequenzen des Rades übereinstimmen. In Abb. 9 bis 11 sind Klangfiguren mit 2, 4 und 5 Knotendurchmessern dargestellt. Wenn ein Rad umläuft, ändert sich an diesen Verhältnissen grundsätzlich nichts. Die Knotendurchmesser-Figuren bleiben bestehen. Nur werden die zugehörigen Schwingungszahlen größer. Die erregenden Kräfte werden aber dann nicht durch elektromagnetische Wirkungen bedingt, sondern wieder, wie oben, durch Störungen in der Strömung der Turbine.

Abb. 12 zeigt eine Betriebstörung, die durch Schwingung eines umlaufenden Rades hervorgerufen ist. Die beiden Stellen, links oben und rechts unten, zeigten in dem zugehörigen Zwischendeckel Reibstellen. Das zugehörige Rad hatte sich durchgebogen, indem es in Schwingungen mit zwei Knotendurchmessern geriet. Dabei hat es an der einen Seite am Düsendeckel gerieben und ihn verletzt. Die Berechnung solcher Schwingungen hat seit 1914 Stodola wesentlich gefördert. Diese Rechnung kann man nachprüfen, indem man Klangfiguren erzeugt. Die Scheibe von 30 cm Dmr., die mit Sand bestreut und elektromagnetisch erregt wurde, Abb. 13, hat zwei Knotendurchmesser. Abb. 14 zeigt eine verwickeltere Figur. Hier sind ein Knotendurchmesser und ein Knotenkreis vorhanden, der sich auf dem dicken Rand abgesetzt hat. Auch Scheiben, die am Umfang mit Stäbchen besetzt und daran außerdem noch mit Gewichten belastet sind, antworten auf die Erregungszahlen in der Resonanz mit Klangfiguren. Abb. 15 zeigt einen Kreis, der durch die Befestigungspunkte der Stäbchen geht, und einen Knotendurchmesser, Abb. 16, 2 Knotendurchmesser. Alle diesen Klangfiguren entsprechenden Eigenfrequenzen stimmen genügend mit der Rechnung überein.

Um die vielen Rechnungen, die man an Turbinen anzustellen hat, übersichtlich zusammenzustellen, kann man das

Abb. 12. Turbinenleitrad mit zwei einander gegenüberliegenden Streifstellen (links oben und rechts unten) infolge axialer Scheibenschwingungen.

Abb. 13. Klangfigur 2/0 einer Flußeisenscheibe von 3000 mm Dmr. und 3,58 mm Dicke mit verstärktem Rand von 25 mm Breite und 6,1 mm Dicke auf Klötzchen gelagert, Frequenz 255.

Abb. 14. Klangfigur 1/1 einer Flußeisenscheibe von 300 mm Dmr. und 3,7 mm Dicke mit verstärktem Rand von 50 mm Breite und 6,1 mm Dicke, auf Klötzchen gelagert, Frequenz 814.

in Abb. 17 und 18 gezeigte Verfahren anwenden. In diese Gerippe von Turbinenlaufrädern sind alle berechneten Beanspruchungen eingetragen.

Hr. Dr. G. Forner wies darauf hin, daß der für eine Parsons-Turbine von 12 000 kW angegebene Dampfverbrauch von 4,67 kg/kWh bei 17,6 atü, 372° und 95 vH Luftleere einem thermodynamischen Wirkungsgrade von rd. 74,5 vH entspricht. Bei dieser Turbine ist die Summe der Quadrate der Umfangsgeschwindigkeiten $\Sigma\ (u^2) = 530\,000\ m/s^2$. Eine deutsche Dampfturbine würde bei diesem Wert von $\Sigma\ (u^2)$ mehr als 80 vH Wirkungsgrad erreichen. Allerdings sind die 4,6 kg/kWh der gewährleistete Dampfverbrauch, und es ist möglich, daß der wirkliche besser sein wird, aber wahrscheinlich ist das nicht. Vielmehr geht man vermutlich auch in England heute mit den Dampfverbrauchgarantien bis an die Grenze des Erreichbaren. Rund 75 vH Wirkungsgrad muß man schon bei $\Sigma (u^2) \simeq 300\,000$ erreichen können. Das bedeutet ungefähr die Hälfte der Stufen bei gleichem Durchmesser, also eine erhebliche Verbilligung der Turbine.

Im Schlußwort teilte Hr. Dr. Kraft mit, daß nichtrostender Stahl außer für Turbinenschaufeln auch geschmiedet, gewalzt, gezogen, gepreßt und gegossen für Stangen, Bleche, Drähte, Rohre, Pumpenkreisel, Pumpengehäuse, Ventilkörper usw. verwendet wird. Auch aus Monel-Metall stellt man in England Stangen, Bleche, Schmiedestücke, Preßstücke, Gußstücke, Draht und Drahtgewebe her, insbesondere für Betriebe, wo Säure und Feuchtigkeit vorhanden sind, also in Färbereien, chemischen Fabriken, Sauerstoff- und Ammoniakanlagen, in der Glas-, Papier-, Öl- und Zuckerindustrie, ebenso häufig im Schiffbau. Die Höhe der Trommelbeanspruchung muß man wegen der Schwierigkeiten, große Schmiedestücke von solchen Formen einwandfrei herzustellen, im allgemeinen niedrig bemessen. Bei Verwendung von Radscheiben, die in axialer Richtung nur geringe Abmessungen haben, also viel leichter einwandfrei hergestellt werden können, kann man höhere Beanspruchungen zulassen; Materialfehler kann man dabei schon bei der Bearbeitung erkennen.

Wesentlich sind bei raschlaufenden Maschinen die Schwingungserscheinungen, die bei niedrigen Drehzahlen nicht gleich wichtig waren. Kräftigere Bemessung der Teile ist zwar zweckmäßig, muß aber rechnerisch nachgeprüft werden, da man gerade dadurch in ein andres Resonanzgebiet kommen kann. Wo die Rechnung nicht

Abb. 15. Klangfigur 1/1 einer 3,5 mm dicken Flußeisenplatte von 300 mm Dmr., auf Klötzchen gelagert, mit 16 Randmassen und -momenten, Frequenz 614.

Abb. 16. Klangfigur 2/0 einer 3,5 mm dicken Flußeisenplatte von 300 mm Dmr., auf Klötzchen gelagert, mit 16 Randmassen und -momenten, Frequenz $n_1 = 265$, $n_2 = 82$.

hilft, müssen Versuche unter Bedingungen durchgeführt werden, die den Betriebsverhältnissen möglichst ähnlich sind. Bei Turbinen mit geringer Stufenzahl und höheren Dampfgeschwindigkeiten ist es zweckmäßig, bei Leistungen von 800 bis 1000 kW auf höhere Drehzahlen als 3000 Uml./min überzugehen. Für vielstufige Kondensationsturbinen mit vollkommen bearbeiteten Dampfkanälen und mäßigen Schaufelspielen dürfte die wirtschaftliche Grenze der Maschine von 3000 Uml./min bei 450 bis 500 kW liegen, für Gegendruckturbinen, die verhältnismäßig größere Dampfmengen verarbeiten, liegt die Grenze tiefer.

Für Kleinturbinen sind die Stopfbüchsenverluste grundsätzlich wichtig. Man geht daher beim Entwurf davon aus, daß der Spaltdampf der HD-Außenstopfbüchse gerade noch für die Dichtung der ND-Stopfbüchse ausreichen soll. Bei kleineren Leistungen müssen dann die Drücke in der ersten Stufe und ebenso die Wellen- und Stopfbüchsendurchmesser geringer oder die Drehzahlen höher gewählt werden. Für rd. 350 kW sind 5000 bis 7000 Uml./min, bei noch geringeren Leistungen 7000 bis 10 000 Uml./min vorteilhaft. Die Verluste in den Zahnradvorgelegen sind so gering, daß sie durch die Verbesserung der Wirkungsgrade der Kraft- und der Arbeitsmaschine leicht aufgewogen werden.

Das Michell-Lager beruht darauf, daß das Öl durch die Drehung der Welle zwischen zwei gegeneinander ein wenig geneigte Flächen gezwängt wird, und dieser Ölkeil wesentlich höhere Drücke aufnehmen kann als die Ölschicht zwischen zwei parallelen Flächen. Diese Erkenntnis kann man für die Aufnahme von axialen sowie von radialen Kräften anwenden. Nachdem sich nach diesem Verfahren gebaute Drucklager hervorragend bewährt haben, lag es nahe, auch Lauflager dieser Art zu bauen, Abb. 19 bis 24. Bei diesen sind die üblichen beiden Lagerschalenhälften durch mehrere, an der Innenfläche mit Weißmetall versehene Klötze ersetzt, die längs einer äußeren Kante eine geringe Kippbewegung ausführen können. Die Kippkante liegt im Sinne der Drehrichtung etwas hinter dem Druckmittelpunkt. Infolge ihrer Beweglichkeit nehmen die Klötze selbsttätig eine solche Stellung gegenüber der Welle an, daß sich keilförmige Ölschichten bilden, und zwar so viele, wie Klötze vorhanden sind. An der Teilfuge verhindern Paßstücke, daß sich die Klötze um die Welle drehen. Das Schmieröl wird zwischen die Klötze eingeführt und läuft in der üblichen Weise an den Enden der Lager ab.

Allerdings bildet sich auch schon bei gewöhnlichen Lauflagern eine sichel- oder keilförmige Ölschicht, da sich die Welle in der Lagerbohrung exzentrisch einstellt, doch kann die Welle wegen des Auftriebes bei gewissen Geschwindigkeiten unruhig werden. Auch wirkt bei solchen Lagern mehr als die Hälfte der Schalenoberfläche, nämlich dort, wo Zapfen- und Schalenfläche klaffen, gar nicht oder sogar bremsend.

Abb. 17. Eingehäuse-Scheibenturbine. $N = 16\,000$ kW, $n = 300$ Uml./min. Beanspruchung der Schaufeln und Räder.

Abb. 18. Viergehäuse-Trommelturbine. $N = 13\,000$ kW, $n = 3000$ Uml./min. Beanspruchung der *ND*-Schaufeln und der Trommel.

Abb. 19 bis **24.** Michell-Lauflager.

a Lagerring-Oberteil
b Schlußstück
c Lagerklotz
d Lagerring-Unterteil
e Ölzufluß

Beim Michell-Lauflager bleibt die Welle genau zentrisch im Lager, sie erhält frisches Schmieröl an mehreren Stellen des Umfanges. Die Lagerlänge kann um rd. $^2/_3$ kürzer sein, und die Reibungsverluste sind geringer. Die erste größere Anlage, die ganz mit Michell-Lagern ausgerüstet wurde, befindet sich auf einem französischen Dampfer, der vor ungefähr drei Jahren in Dienst gestellt wurde. Sie besteht aus zwei Parsons-Turbinen mit doppeltem Zahnradvorgelege für 3500/2400/140 Uml./min. Alle 17 Lauf- und Drucklager der Turbinen und Zahnradvorgelege sind nach Michell gebaut und haben sich bisher bewährt. Die Flächendrücke in den Lauflagern betragen rd. 40 kg/cm², die Zapfengeschwindigkeiten 25 m/s. Nach Angaben der Michell-Bearings Co. sollen bisher ungefähr 250 solche Lauflager für Dampf- und Wasserturbinen, Motoren, Zahnradvorgelege und Walzenstraßen, also für hohe wie für niedrige Geschwindigkeiten gebaut worden sein.

Das Sykes-Verfahren wendet in England die Power Plant Co. an, die auch die Werkzeugmaschinen selbst baut. Bei diesem Wälzhobelprozeß führen die Schneidwerkzeuge gleichzeitig eine hin- und hergehende und eine Drehbewegung aus. Gehobelt wird von der Seite nach der Mitte zu, und während das eine Werkzeug hobelt, geht das andere leer zurück. Der Raum zwischen den beiden Kranzhälften kann hierdurch auf ein ganz geringes Maß oder auf Null beschränkt werden. Die Power Plant Co. stellt ihre Getriebe schon seit Jahren nach diesem Verfahren her und hat mit der sehr großen Zahl ihrer Ausführungen gute Erfolge erzielt.

Es trifft zu, daß man sich bis vor kurzem mit wesentlich geringeren Werten von $\Sigma\,(u^2)$ begnügt hat. Für eine Eingehäusemaschine von 16 000 kW und verhältnismäßig guter Wirtschaftlichkeit war $\Sigma\,(u^2) = 390\,000$, während eine Viergehäuseturbine von gleicher Leistung bei geringen Dampfgeschwindigkeiten $\Sigma\,(u^2) = 720\,000$ hat. Der Unterschied im Dampfverbrauch beträgt hierbei nur 3½ vH bei Vollast und 6 vH bei Halblast. Eine geringe Verbesserung im Dampfverbrauch fordert also bereits einen erheblich verwickelteren Aufbau der Maschine. Die Viergehäuseturbine wiegt wohl weniger als die Eingehäuseturbine von gleicher Leistung; das Verhältnis beträgt ungefähr 85 : 100. Da aber für die umfangreichere Bearbeitung der zahlreichen Teile wesentlich mehr Löhne anzuwenden sind, so ist die Vielstufenturbine doch um rd. 20 vH teurer.

[B 160]

Wirtschaftlichkeit von Elektrowagen für Fabrikbeförderung.

Auf der Tagung des Ausschusses für wirtschaftliches Förderwesen am 12. November 1924 hat Obering. Hellmich, gestützt auf zweijährige Erfahrungen in einer größeren Maschinenfabrik, einen Vortrag über die Wirtschaftlichkeit von Elektrowagen oder Elektrokarren[1]) gehalten.

Das Förderwesen, so führte er aus, ist das verbindende Band innerhalb jeden industriellen Betriebes. Früher haben eine große Anzahl Arbeiter die verschiedensten Lasten in den Werkstätten, auf den Fabrikstraßen und Höfen befördert. Zur Durchführung eines durchgreifenden neuen Planes wurden in einer Maschinenfabrik das Fördergut, die verbrauchte Förderzeit und die Förderwege festgestellt. Da sich ergab, daß die Handbeförderung nicht den wirtschaftlichen Ansprüchen genügte, wurden Elektrowagen angeschafft. Das zu befördernde Gut wurde in Gruppen aufgeteilt, bestimmte Beförderungswege wurden festgelegt und die Fahrzeiten für diese Strecken mit gefüllten und leeren Elektrowagen ermittelt. Vom Lageplan wurden den Wagenführern Abzüge übergeben. Eine aufs schärfste durchgeführte Nachprüfung führte bald zu stetigen Betriebsverhältnissen. Die Rundfahrten wurden nach einem festen Zeitplan ausgeführt und ein besonderer Wert auf die gute Ausnutzung der Ladefläche und der Ladelast sowie auf schnelle Ent- und Beladung gelegt. Sonderfahrten waren nur in eiligen Fällen nötig.

Die schnelle Gewöhnung der Betriebe an den neuen Zustand machte die Beschaffung von weiteren Elektrowagen erforderlich, da diese Beförderungsmittel in immer größerem Maß in Anspruch genommen wurden. An Sammelstellen werden die Gegenstände, die weggeschafft werden sollen, mit Begleit-, Arbeits- oder Quittungskarte niedergelegt und vom Fahrer auf den Wagen gelegt. Der Fahrer bringt das mitgebrachte Gut auf den Platz für Eingang. Den vielen verschiedenen Arten des Ladegutes wird durch besondere Einrichtungen Rechnung getragen.

Eine Hauptbeförderungsstelle überwacht den Betrieb und nimmt alle Wünsche, Beschwerden und Anregungen entgegen. In dieser wird die Statistik geführt, die besonders bei der Einführung des Elektrowagenbetriebes notwendig ist. Erfaßt werden täglich durch Verladezettel, die zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit zu Monatsberichten zusammengefaßt werden, das Gewicht des beförderten Gutes, der zurückgelegte Weg, die wirklich verbrauchte Fahrzeit und die zur Verfügung stehende Bereitschaftzeit der Wagen. Durch ständige Meldung der Fahrer und durch den Fahrzeitplan ist man in der Hauptbeförderungsstelle jederzeit über den Standort der Wagen, ihre Tätigkeit usw. unterrichtet.

Das Ladegut wird für die Betriebe auf allgemeine Kosten befördert. Quittung wird von Betrieb zu Betrieb gegeben. Der Fahrer bringt die Sachen hin, und auf der Rückfahrt holt er die Quittung ab. Grundsätzlich ist festgelegt, daß die Beförderung auf Gefahr des Absenders geschieht.

Mit den monatlichen Untersuchungen verbunden wurde die laufende Prüfung der Ladung der Akkumulatoren und ihres Verhaltens im Betriebe. Ein Elektriker wird durch Aufzeichnungen, die er auf einer besonderen Kontrolluhr machen muß, während der Ladezeit gezwungen, seine Arbeit genau und ordentlich zu versehen, die hauptsächlich in einer Prüfung des Säurestandes, der Temperatur und der Ladestromstärke besteht. Der Ladezettel wird täglich von der Hauptbeförderungsstelle ausgewertet. Aus den Statistiken ergibt sich zwangläufig ihre Auswertung, die durch Zeitstudien vervollständigt wird und dann die Grundlage für den weiteren Ausbau der Organisation darstellt, die wieder zu Betriebsverbesserungen führt. Bei Elektrowagenbetrieben sollte man in die Straßen und Höfe einen besonderen Weg, wenn nicht durch Asphaltplatten, so doch wenigstens durch Kleinpflaster, sogenanntes Mosaikpflaster mit Betonunterlage, schaffen. Hierdurch sind die Wagen fortan an einen festen Weg gebunden. Höhere Geschwindigkeit und geringere Beschädigung des Beförderungsgutes sind Vorteile dieser Einrichtung. Die mechanische Gestaltung der Wagen sowie die elektrischen Einrichtungen müssen daher den denkbar größten Anforderungen Rechnung tragen.

Die Akkumulatoren müssen sachverständig gewartet werden. Da die Wagen in der Eisengießerei über sehr eisenhaltigen Staub fahren, muß die Abdeckung der Batteriekästen vollkommen staubdicht sein. Wenn ein besonderer Arbeiter ständig die Batterien überwacht, und die Kontrolluhr bedient, sind Batteriestörungen zu vermeiden. Durch zu große Last und bei schlechten Bodenverhältnissen werden die größten Anforderungen an eine Batterie gestellt. Ein anderer wesentlicher Umstand für die Lebensdauer der Batterie ist ihre Abfederung im Wagen.

In jedem Monat wird zur laufenden Überwachung ein Wagen für rd. eine Woche aus dem Betrieb gezogen und dann eingehend untersucht. Dieses Verfahren hat zu guten Ergebnissen geführt und wesentlich zur Betriebsverbesserung beigetragen. Durch eine Wirtschaftlichkeitsberechnung haben sich bei Verwendung von Elektrokarren beträchtliche Ersparnisse nachweisen lassen.

Durch den Gebrauch von Sonderwagen lassen sich bei der Beförderung, vor allen Dingen von Massengütern, noch günstigere Ergebnisse geldlich und zeitlich herausbringen. Auch die Vorteile des Anhängerbetriebes, der Elektrohubwagen und der Elektrokranwagen liegen klar zutage. Vor Anschaffung dieser Sonderwagen müssen die Verhältnisse jedoch gründlich geprüft werden.

Zusammenfassend ist von einem wirtschaftlichen Elektrowagenbetrieb zu fordern:

1. Ausreichende Festigkeit des Fahrgestells. Der Rahmen muß kräftig gebaut, die Lauflagerflächen, oder wenn möglich Kugellager, sollen entsprechend bemessen sein.
2. Eine unempfindliche Kraftquelle, die Leichtigkeit mit großer Lebensdauer und großer Wirkung verbindet.
3. Größte Wendigkeit, peinlichste Genauigkeit in der Ausführung der Steuerung.
4. Ruhiger und ausgeglichener Gang der Wagen durch bessere Federung unter Berücksichtigung der jeweils vorliegenden Bodenverhältnisse.
5. Beschränkung in der Baulänge bei großer Ladefläche, d. h. größtmögliche Zusammendrängung des Fahrmechanismus am Führerstand. Die Wagen müssen leicht in mittelgroße Fahrstühle der Fabriken hineingehen.
6. Leichte Zugängigkeit zu den Schmierstellen der Lager und des Steuergestänges.
7. Leichte Auswechselbarkeit der Einzelteile durch Normung und leichte Ausbaumöglichkeiten.
8. Billige Herstellung. [N 1013]

Gw.

[1]) Der übliche, kennzeichnende Ausdruck „Elektrokarren" ist nicht ganz zutreffend, weil „Karren" ein ein- bis dreirädriges Fahrzeug bezeichnet.

Berechnung von Kreiselpumpen[1]).

Von Dr.-Ing. Bruno Eck, Aachen.

Es wird nachgewiesen, daß bei einer reibungsfreien Flüssigkeit die Innenlinien linear verlaufen. An der Hand von Strömungsbildern wird der Einfluß der Umdrehung gegenüber der translatorischen Bewegung kritisch untersucht.

In Bd. 68 (1924) S. 1145 behandelt Dr.-Ing. Bader die Strömung in Radialpumpen nach den Verfahren der Tragflügeltheorie. Die Ergebnisse der dort angestellten Betrachtungen weichen von der bisherigen Stromfadentheorie sehr erheblich ab und stehen damit teilweise im Widerspruch, so daß Dr. Bader sogar zu dem Schluß kommt, die bisherige Grundgleichung sei fehlerhaft. Im folgenden soll gezeigt werden, daß sich diese Folgerungen in der Hauptsache aus irrigen Voraussetzungen ergeben und einer erheblichen Berichtigung bedürfen.

1.

Zunächst betrachtet Dr. Bader, um die Unterschiede der Umfangsgeschwindigkeit verschiedener Punkte des Profiles vernachlässigen zu können, ein Kreiselrad mit außerordentlich großem Halbmesser. In diesem Gebilde wird dann eine einzelne Schaufel nach der Tragflügeltheorie behandelt und die Störung der übrigen Schaufeln vernachlässigt, die sich angeblich bei einer Teilung $\frac{a}{t} = \frac{\pi}{4}$ vollkommen aufheben soll, Abb. 1. Um zunächst auf den ersten Punkt näher einzugehen, kann man leicht zeigen, daß sich bei einer reibungsfreien Flüssigkeit — und diese wird zugrunde gelegt — mathematisch unmöglich andre als gerade Kennlinien ergeben können. Mit den Bezeichnungen von Dr. Bader ist die zur Strömungsrichtung senkrechte Kraft R nach der Potentialtheorie

$$R = \pi t \sin(\beta + \alpha) \varrho b v^2,$$

wenn man den genauen Wert einführt und außerdem einen beliebigen Anstellwinkel α betrachtet. Nun läßt sich $\sin(\beta + \alpha)$ durch die Umfangsgeschwindigkeit v_u und die Radialgeschwindigkeit v_r ausdrücken.

$$\sin(\beta + \alpha) = \sin(\varepsilon + \beta - \gamma) = \sin(\varepsilon + \beta)\cos\gamma - \cos(\varepsilon + \beta)\sin\gamma$$

$$= \frac{v_u}{v}\sin(\varepsilon + \beta) - \frac{v_r}{v}\cos(\varepsilon + \beta)$$

$$R = \pi t \varrho b v^2 [v_u \sin(\varepsilon + \beta) - v_r \cos(\varepsilon + \beta)].$$

Es ist die Leistung

$$L = R \frac{v_r}{v} v_u = H \gamma Q;$$

die Fördermenge Q ist nun proportional v_r, d. h. bei einem lichten Abstand a der Schaufeln erhält man

$$Q = \frac{a}{\sin\varepsilon} b v_r; \quad L = R \frac{v_r}{v} v_u = H \frac{a}{\sin\varepsilon} b v_r \gamma;$$

$$H = \frac{R}{v} v_u \frac{\sin\varepsilon}{a b \gamma};$$

$$H = \frac{t}{a} \frac{\sin\varepsilon}{g} [v_u^2 \sin(\varepsilon + \beta) - v_r v_u \cos(\varepsilon + \beta)].$$

Mit v_r proportional Q ergibt sich

$$H = C_1 \frac{v_u^2}{g} - C_2 \frac{v_u}{g} Q,$$

d. h. die Abhängigkeit Q von H ist unbedingt linear, welches Ergebnis auch für den allgemeinen Fall in einer Arbeit von mir[2]) exakt abgeleitet wurde. Aus den Ausführungen Dr. Baders ist nicht ersichtlich, wie er zu den eigentümlichen Kennlinien kommt.

2.

Die Annahme, daß in dem Idealfall eines sehr großen Durchmessers die Störung der einzelnen Schaufeln bei der Teilung $\frac{a}{t} = \frac{\pi}{4}$ vollkommen verschwinde, hält einer näheren Kritik nicht stand. Das Ergebnis, das sich für eine einzelne Schaufel aus der Tragflügeltheorie ergibt ($R = \varrho \pi \beta t b v^2$), vergleicht Dr. Bader mit der Impulswirkung $R' = \varrho a b v 4 \beta v$, von der Voraussetzung ausgehend, daß alle Teilchen des Streifens a um den Winkel 4β abgelenkt werden. Durch Gleichsetzen von R mit R' erhält man $\frac{a}{t} = \frac{\pi}{4}$. Diese Annahme ist aber, näher betrachtet, nichts andres als die Grundidee der Stromfadentheorie; denn bei unendlich vielen Schaufeln, welchen Idealfall die alte Theorie zugrunde legt, werden auch alle Teilchen um den Winkel 4β abgelenkt. Die Betrachtungen von Dr. Bader führen also bei richtiger Durchführung notwendig zu der alten Hauptgleichung

$$H = \frac{1}{g}(u_2 c_{u2} - u_1 c_{u1}),$$

die in dem betrachteten Idealfall unbedingt richtig und nicht fehlerhaft ist.

Die Teilung $\frac{a}{t} = \frac{\pi}{4}$, die Dr. Bader ermittelt, hat eine andre physikalische Bedeutung. Die Kraftwirkung einer einzelnen Schaufel in der ungestörten Ebene ist damit äquivalent, daß ein Streifen a mit parallelen Stromlinien um den Winkel 4β abgelenkt wird. Würde in einem entsprechenden Gitter mit der Teilung $\frac{a}{t} = \frac{\pi}{4}$ nur eine Schaufel eine Zirkulation haben, so würden sich tatsächlich die parallelen Stromlinien ausbilden. Die Zirkulationen um die andern Schaufeln bedingen jedoch eine Änderung der Strömungsstruktur, die in Abb. 2 schematisch angedeutet ist.

RZ862Z2

Abb. 2. Schematische Darstellung der Stromlinien bei einem unendlich langen Gitter.

3.

Inwieweit es gestattet ist, den Einfluß der nächstliegenden Schaufeln zu vernachlässigen, kann mit einer einfachen Betrachtung übersehen werden. Denken wir uns

v″ u′ B A d t a v′ RZ862Z1

Abb. 1. Schaufelkranz, auf eine gerade Linie abgewickelt.

[1]) Die Arbeit ist eine Zuschrift zu dem in unsrer Zeitschrift Bd. 68 (1924) S. 1145 veröffentlichten gleichnamigen Aufsatz von Dr.-Ing. G. Bader, Heidelberg. Anschließend ist die Entgegnung des Herrn Dr. Bader wiedergegeben.

[2]) Eck, Beitrag zur Turbinentheorie, „Werft-Reederei-Hafen" Bd. 6 (1925) Heft 8. Eck, The hydrodynamic problems of the turbine engine, „Engineering" (im Druck) Pfleiderer, Die Kreiselpumpen, Berlin 1924, Julius Springer, S. 181. Eine eingehende Arbeit wird demnächst auch in den Abhandl. des aerodynam. Institutes (Verlag Springer) erscheinen.

Abb. 3. Einfluß der Schaufelteilung bei einem unendlich langen Gitter nach König.

den Schaufelkranz auf ein unendlich langes Gitter abgewickelt, so wird eine Schaufel hauptsächlich durch die beiden nächstliegenden beeinflußt werden. Für eine überschlägige Rechnung dürfte es genügen, diese beiden Schaufeln durch zwei Einzelwirbel von der Zirkulation Γ zu ersetzen, Abb. 1. Diese Wirbel verursachen nur im Punkt A keine Störung. Auf der Symmetrielinie ist die Störungsgeschwindigkeit in Richtung der Gitterachse und nach der angedeuteten Kurve verteilt. Das Maximum liegt im Abstand d und hat die Größe $\frac{\Gamma}{2\pi d}$; die betrachtete Schaufel selbst erzeugt dort auch die Geschwindigkeit $\frac{\Gamma}{2\pi d}$, so daß sich hier ganz erhebliche Störungen bemerkbar machen. (Es wurde der von Dr. Bader als am günstigsten angegebene Fall $\frac{a}{t} = \frac{\pi}{4}$ und $\varepsilon = 45°$ zugrunde gelegt.) In der Mitte der Schaufelteilung (Punkt B) erzeugen die störenden Schaufeln die Geschwindigkeit

$$v'' = \frac{\Gamma}{2\pi t} 1{,}193$$

und die gestörte Schaufel

$$v' = \frac{\Gamma}{2\pi t} 1{,}79,$$

die v'' entgegengesetzt ist. Man sieht somit, daß die Störung ganz erheblich ist. An eine Ablenkung von 4β ist also nicht zu denken.

Dadurch ferner, daß die Schaufeln in Wirklichkeit nicht in einer Geraden, sondern auf dem Kreise liegen, wird der Einfluß noch größer. In dem vorhin erwähnten Aufsatz wurde nachgewiesen, daß zwei Schaufeln u n a b h ä n g i g v o n d e r L a g e a u f d e m K r e i s e i m m e r dieselbe Störung hervorrufen. Bei z-Schaufeln, einer Zirkulation Γ und einem Kreiselraddurchmesser D ist diese Störungsgeschwindigkeit u', die der Umfangsgeschwindigkeit entgegengerichtet ist:

$$u' = \frac{\Gamma}{2\pi D}(z-1); \quad \pi D = d z;$$

$$u' = \frac{\Gamma}{2 d z}(z-1) \approx \frac{\Gamma}{2 d} = \frac{\Gamma}{2\pi t} 1{,}41.$$

Es ergibt sich also ein ansehnlicher Betrag, der nicht vernachlässigt werden kann. Im übrigen ist die ganze hier angeschnittene Frage in der Baderschen Umschreibung müßig, da die Frage, wenigstens für das abgewickelte Gitter, bereits exakt von König[1]) behandelt wurde. Er zeigt, wie bei einem Gitter die Wirkung einer Schaufel sich ändert mit Variation der Teilung und des Anstellwinkels, Abb. 3.

Nehmen wir z. B.

$$\frac{a}{t} = \frac{\pi}{4} \text{ und } \varepsilon = 45°$$

an, so ist

$$\frac{T}{T_\infty} = 0{,}93,$$

d. h. 7 vH Minderleistung ist bereits beim ebenen Gitter vorhanden. Für ein entsprechendes Kreiselrad würde der Verlust aus den oben angeführten Gründen zu (28 vH) ausfallen (wenn wir z. B. $\frac{t}{D} = 0{,}1$ setzen).

4.

Im zweiten Teile seiner Arbeit behandelt Dr. Bader den Einfluß der Rotation, d. h. die unter 1 erörterte Vernachlässigung soll berücksichtigt werden. Die hier entwickelten Anschauungen beruhen auf einer unrichtigen Auffassung des Strömungsbildes und sind ebenso wie die hieraus gezogenen Folgerungen hinfällig.

Schon aus der einfachen Überlegung geht das Widersinnige der angegebenen Formel

$$H d = \zeta \left[1 - \left(\frac{r_i}{r_a}\right)^2\right] \frac{u_a^2}{g}$$

hervor. Nimmt man unendlich viele Schaufeln an, so wird das Medium, wenn keine Förderung vorhanden ist, mit der Umfangsgeschwindigkeit umlaufen, u n a b h ä n g i g v o n d e r L ä n g e d e r S c h a u f e l n. Es wird sich also ein Druck $\frac{u^2}{g}$ einstellen, wie es die als fehlerhaft bezeichnete alte Theorie angibt. Bei endlichen Schaufelzahlen wird die Wirkung verringert werden, je nach Schaufelzahl, Schaufelwinkel usw. Nun gibt die obige Formel eine bei kleineren Schaufellängen immer kleiner werdende Förderhöhe an, obwohl doch auch dann die Flüssigkeit mit der Umfangsgeschwindigkeit umläuft.

Das von Dr. Bader beigefügte Strömungsbild, Abb. 4, ist einer Arbeit von Örtli[2]) entnommen und kennzeichnet die zirkulationslose Drehströmung, die sich nur in einem reibungsfreien Medium ausbilden kann.

Zwischen den Schaufeln bewegt sich die Flüssigkeit mit der Drehgeschwindigkeit, doch so, daß sich die einzelnen Teilchen nicht drehen, sondern nur verschoben werden. Außerhalb und innerhalb des Schaufelkranzes herrscht, abgesehen von kleinen Störungen, die durch die Schaufelkanten bedingt werden, a b s o l u t e R u h e. Klar geht dieses hervor aus dem entsprechenden absoluten Strombild, Abb. 5, wo alles außer dem Schaufelkranz selbst in vollkommener Ruhe ist. Eine solche Strömungsstruktur kann niemals eine Druckerhöhung verursachen, da nach den Grundsätzen der Hydrodynamik in Ermangelung einer Zirkulation keine Kraft auftreten kann. Die von Dr. Bader angeführte Zirkulation ist nichts anderes als der sogenannte Relativwirbel, der in jedem Punkte der Strömung konstant ist und nur für den sich d r e h e n d e n Beobachter besteht. Es soll Dr. Bader nicht zum Vorwurf gemacht werden, daß er sich durch Übernahme eines Strömungsbildes entlasten wollte, doch hätte er die relative Drehströmung m i t Z i r k u l a t i o n seinen Betrachtungen zugrunde legen müssen, Abb. 6.

5.

Die oben behandelte Strömung wird sich beim Anlaufen eines Kreiselrades immer zuerst einstellen. Dann werden sich jedoch nach kurzer Zeit an den scharfen Schaufelkanten kleine Wirbel ablösen, die wegschwimmen, jedoch eine gleich große, aber entgegengesetzt gerichtete Zirkulation um die Schaufel hinterlassen. Diese Zirkulation wird sich so stetig vergrößern bis zu dem Augenblick, wo nach der heutigen Auffassung der Hydrodynamik

[1]) K ö n i g, Potentialströmung durch Gitter. Zeitschr. f. angew. Mathematik und Mechanik, Bd. 2 (1922) S. 422.

[2]) O e r t l i, Untersuchung der Wasserströmung durch ein rotierendes Zellen-Kreiselrad, Doktorarbeit, Zürich 1923.

die Flüssigkeit an den Kanten glatt abfließt. Das Strömungsbild ist dann wesentlich verändert, Abb. 6, indem alle Teile eine absolute Geschwindigkeit besitzen. Nun erst kann eine Druckerhöhung eintreten, die aufrechterhalten bleibt, ohne daß eine Förderung stattfindet. Eine Leistungsübertragung ist jedoch nicht vorhanden, da nicht gefördert wird, mithin auch keine Umfangskraft. Wird der Doppelschieber geöffnet, so beginnt die Pumpe zu fördern, und es bildet sich das Strömungsbild Abb. 7 aus.

Das aus der Baderschen Theorie gefolgerte Ergebnis, daß mit Einführung des endlichen Kreiselradhalbmessers die Nutzleistung erheblich gesteigert wird, ist mithin irrig, es ist das Gegenteil der Fall, wie in den oben erwähnten Aufsatz auch exakt abgeleitet wurde. Es ist auch leicht, eine einfache Erklärung hierfür anzugeben. Wir vergleichen zwei Schaufeln von derselben Länge und denselben Anstellwinkeln; die eine werde mit der Geschwindigkeit u geradlinig bewegt, die andere habe u als Umfangsgeschwindigkeit. Außerdem sei eine Radialgeschwindigkeit vorhanden, die von einer Quelle herrühre. Dann wird bei der sich drehenden Schaufel nur die äußere Spitze die Geschwindigkeit u haben, alle andern Teile haben kleinere Geschwindigkeiten. Die Radialgeschwindigkeit ist am inneren Umfang der Schaufel am größten, verringert sich dann bis zum Ende entsprechend der Radbreite. Im ganzen wird die umlaufende Schaufel sich mit einer mittleren Geschwindigkeit bewegen, die viel kleiner ist $\left(\text{ungefähr im Verhältnis } \frac{a}{r}\right)$ als bei der Schaufel, die geradlinig bewegt wird. ($2\,a$ = Schaufellänge; $2\,r$ = Außen-Dmr.). Die Kräfte, mithin auch die Drücke, sind dem Quadrate der Geschwindigkeiten proportional, d. h. die Druckabnahme bei einer umlaufenden Schaufel wird der Größenordnung nach um rd. $\left(\frac{a}{r}\right)\cdot\frac{u^2}{g}$ kleiner sein. Die genaue Ausrechnung ergab bei radial endenden Schaufeln:

$$\frac{3}{2}\left(\frac{a}{r}\right)\frac{u^2}{g}$$

(siehe die oben erwähnte Arbeit).

Zusammenfassung.

Die alte Zeunersche Theorie ergibt für unendlich viele Schaufeln die Druckhöhe $\frac{u^2}{g}$, wenn keine Förderung stattfindet. Wendet man die Zirkulationstheorie folgerichtig an, so erhält man denselben Wert. Bei endlich vielen Schaufeln liefert letztere jedoch Berichtigungsfaktoren, wie sie in meiner Arbeit ermittelt wurden. Es ist also ungerecht, die Zeunersche Theorie als fehlerhaft zu bezeichnen. Immerhin kann man die idealisierende Annahme von unendlich vielen Schaufeln als veraltet ansehen. Die großen Unterschiede der errechneten und wirklichen Zirkulationen dürften in dem Einfluß der Reibung zu suchen sein, die bewirkt, daß die Zirkulation nicht den nach der Potentialtheorie ermittelten bekannten Wert hat, sondern wesentlich kleiner ist, d. h. die Strömung wird bereits früher abreißen. Es zeigt sich nämlich, daß der Annahme eines relativen Austrittwinkels gleich dem Schaufelwinkel bezw. tangentialem Abströmen an dem Schaufelende ein Energieumsatz entspricht, der bedeutend größer ist, als man versuchsmäßig beobachtet. Örtli hat nun durch photographische Aufnahmen des Strömungsbildes gefunden, daß die Reibung eine Ablösung auf der konkaven Schaufelrückseite hervorruft, was einem Flacherwerden der Austrittrichtung gegenüber der reibungsfreien Flüssigkeit entspricht. Der Austrittwinkel wurde dann versuchsmäßig bestimmt und die hiermit umgerechnete Zirkulation ergab befriedigende Übereinstimmung mit der wirklichen Energieaufnahme.

Erwiderung.

Hr. Dr.-Ing. Bader, dem wir die Zuschrift vorgelegt haben, äußerst sich dazu wie folgt:

Es war die Absicht meiner Veröffentlichung, die Berechnung der Kreiselpumpen mit den Ergebnissen der neuen Strömungslehre in Einklang zu bringen. Ich freue mich, daß meine Arbeit an so beachtlicher Stelle, wie sie das Aerodynamische Institut der Technischen Hochschule Aachen für diesen Belang darstellt, Beachtung gefunden hat. Daß mein Aufsatz für die Theorie der Kreiselpumpen abschließenden Wert haben könnte, habe ich nie angenommen. Ich habe daher auch darauf verzichtet, auf eine genauere Fehlerbestimmung des Verfahrens einzugehen, um nicht von den grundlegenden Gedanken abzulenken. Aus diesem Grund ist ein Hinweis auf die Abweichung des Strömungsbildes durch die Gitterwirkung und durch den endlichen Krümmungsradius des Gitters unterblieben. Daß hier Fehlerquellen vorliegen, war wohl kaum nötig zu erwähnen. Daß Dr. Eck durch seine Zuschrift den Weg zur Berechnung der Fehler angegeben hat, bedeutet eine wertvolle Ergänzung meiner Arbeit.

Da genauere Angaben über die Berechnung der Kennlinien immer weiter vom Thema abgeführt hätten, habe ich die unzureichenden Angaben hierüber im Bürstenabzug gestrichen, so daß auch dieser Abschnitt des Aufsatzes der Ergänzung bedarf. Im Rahmen dieser Erwiderung möchte ich nur darauf hinweisen, daß die Drucksteigerung durch die Richtungsänderung der Relativgeschwindigkeit in gleicher Weise zum Verschwinden kommt, wenn kein Durchfluß stattfindet, also die Relativgeschwindigkeit verschwindet, wie beim stoßfreien Eintritt in ein Laufrad mit gleichen Ein- und Austrittwinkeln, also wenn keine Rich-

RZ862Z4

Abb. 5. Absolute Drehströmung, zirkulationslos.

RZ862Z3

Abb. 4. Relative Drehströmung, zirkulationslos.

14,0 12,0 10,5 9,9 9,7 9,7 9,0 7,9 ψ/K=5,0

RZ862Z5

Abb. 6. Drehströmung mit Zirkulation.

RZ862Z6

Abb. 7. Durchfluß mit Zirkulationstangente, Abströmen.

tungsänderung der Relativgeschwindigkeit eintritt. Für eine derartige Pumpe ergibt sich demnach ein gleich hoher Druck im normalen Betriebszustand (d. h. beim stoßfreien Eintritt) wie bei verschwindender Fördermenge. Die von Hrn. Dr. Eck angegebene lineare Abhängigkeit des Druckes von der Fördermenge trifft nur in unendlich kleinem Bereich in der Nähe des normalen Betriebzustandes zu. Darüber hinaus ergibt sich ein verwickelterer Zusammenhang, wie er schätzungsweise in den schematischen Kennlinien zur Darstellung gebracht wurde.

Die sehr scharfe Ablehnung, die der zweite Teil meines Aufsatzes durch Dr. Eck erfahren hat, kann ich keineswegs billigen. Schon die Folgerung, daß bei kleinen Schaufellängen die Förderhöhe null werde, läßt sich angesichts der von mir gegebenen Formel nicht vertreten. Die Voraussetzungen und Deutungen der Bilder aus der Arbeit von Örtli sind mir bekannt; ja, ich habe mich durch die Übernahme der sauber durchgezeichneten Abbildung 3 in meinen Aufsatz wesentlich entlastet. Ich sehe mich veranlaßt, noch einmal kurz zu wiederholen:

Bei einer Radialpumpe tritt zu der Drucksteigerung durch die Richtungsänderung der Relativgeschwindigkeit eine beträchtliche Drucksteigerung hinzu durch die Überlagerung des an die Gesamtheit des Laufrades gebundenen Wirbels, wie er absolut allein bei verschwindender Fördermenge auftritt, über die absolute radial gerichtete Durchflußgeschwindigkeit. Zur Erläuterung glaube ich auf die einleitenden Sätze des betreffenden Abschnittes S. 1147 links in der Mitte verweisen zu können. Für das ausschließliche Auftreten dieser Drucksteigerung ist es selbstverständlich Voraussetzung, daß die Flüssigkeit stoßfrei eintritt und ohne Richtungsänderung der Relativgeschwindigkeit an der Hinterkante glatt abfließt durch entsprechende Bemessung der Radbreite. Die Anschauung, auf Grund deren diese Drucksteigerung berechnet wird, hat eine reibungsfreie Flüssigkeit zur Voraussetzung, die jedoch innerhalb des Schaufelkranzes durch ihre verschwindende Reibung während unendlich langer Zeit auf die Umfangsgeschwindigkeit der Schaufeln beschleunigt ist, wobei das Strömungsbild, Abb. 3 meines Aufsatzes, zustande kommt. In der nicht reibungsfreien wirklichen Flüssigkeit findet die Beschleunigung auf die Umfangsgeschwindigkeit des Schaufelkranzes in sehr kurzer Zeit statt, und es ergeben sich Abweichungen von dem eben bezeichneten Strömungsbild durch Wirbelbildungen bei Überschreitung bestimmter Geschwindigkeitsgefälle. Erst wenn durch den Spaltverlust oder die Öffnung des Druckschiebers eine endliche radiale Durchflußgeschwindigkeit der an das Laufrad gebundenen Zirkulation überlagert wird, ergibt sich eine Druckübertragung von den Schaufeln an die Flüssigkeit und damit eine Umsetzung der Antriebleistung in Nutzleistung. Sobald der normale Betriebzustand mit stoßfreiem Eintritt und glattem Abströmen an der Hinterkante erreicht ist, verschwinden auch im wesentlichen die in der wirklichen Flüssigkeit auftretenden „schädlichen" Wirbel bis auf geringfügige Reste, so daß dann wieder das absolute Strömungsbild dem einer reibungsfreien Flüssigkeit entspricht. Daß dabei eine Zirkulation absolut besteht, auch wenn keine Richtungsänderung der Relativgeschwindigkeit statthat, ergibt sich doch einfach daraus, wenn man längs des inneren und äußeren Laufkranzumfangs die Umfangsgeschwindigkeit des Wassers mit den Umfangselementen bei verschwindender radialer Durchflußgeschwindigkeit integriert. Die Leistungsübertragung findet — um es noch einmal zu wiederholen — statt, indem dieser absoluten Zirkulation der gesamten in den Schaufelkranz eingeschlossenen Wassermasse (bei verschwindender Fördermenge) eine absolute radiale Durchflußgeschwindigkeit (bei verschwindendem Schaufelkranz) überlagert wird.

Die Abhandlung Dr. Ecks läßt erkennen, daß dieser vom ersten Teil des Aufsatzes völlig abweichende Gedankengang infolge der knappen Fassung des Textes wohl nicht mit der erforderlichen Deutlichkeit zum Ausdruck gekommen ist. Denn Dr. Eck zeigt sich hierbei noch befangen in der Betrachtung der Strömung um die einzelne Schaufel. Im übrigen habe ich auch im zweiten Teil des Aufsatzes, um den Leser zunächst mit dem einfachen Grundgedanken vertraut zu machen, auf einen Hinweis auf die hier vorliegenden Fehlerquellen und Abweichungen in der zähen Flüssigkeit verzichtet. Daß die bisher benutzte Grundgleichung nicht nur hinsichtlich der Voraussetzung einer zwangläufigen statt einer kraftschlüssigen Führung, sondern auch in bezug auf das zahlenmäßige Ergebnis unzulänglich war, wird auch von anderer Seite zugegeben. Nach den Anläufen, die Theorie Prandtl in den Turbinenbau einzuführen, schien es mir erforderlich, diese Einführung in Grundzügen auch einmal für Kreiselpumpen festzulegen, zumal mit der Ergänzung, die für breite Radkränze bei radialer Durchströmung erforderlich ist.

[B 862] Dr.-Ing. Bader.

Spülversatz beim Braunkohlenbergbau.

Zur Beseitigung der Mängel des Pfeilerbruchbaues, zur Verminderung der Abbauverluste und zur Schonung der Tagesoberfläche ist der Spülversatz[1]) auch im Braunkohlenbergbau eingeführt worden. Das Abbauverfahren wird jedoch nur in besonderen Fällen angewendet, da es sehr kostspielig ist und die zu überwindenden Schwierigkeiten groß sind. Im Betriebe sind nun einige neuere Verfahren mit Spülversatz durchgeführt worden, aber auch sie haben gezeigt, daß man diese Art des Abbaues im Braunkohlenbergbau nur ganz ausnahmsweise anwenden kann. Beim Abbau der söhlig gelagerten Flöze auf der den Hugo Stinnes-Riebeck-Montan- & Ölwerken A.-G. gehörenden Grube „von Voß" diente zuerst zum Versatz Kesselasche, die den Vorteil sehr schneller Wasserabgabe und Standfestigkeit aufwies, jedoch leicht zu Rohrverstopfungen führte; aber auch im gesiebten Zustand erwies sie sich als ungeeignet, da sich ein feiner, den Abbau gefährdender Brei absetzte. Versuche mit Sand ergaben, daß dieser nur geringe Standfestigkeit hat. Als spülfähig und standfest erwies sich eine Mischung von Asche und Sand im Verhältnis 1 : 1. Die Mehrkosten, die beim Abbau mit Spülversatz gegenüber dem Bruchbau entstanden, betrugen 0.85 ℳ/t. Das Verfahren ist dort lohnend, wo Kohle mit hohem Bitumengehalt in mächtigen Bänken abzubauen ist.

Auf der Grube „Reussen" wurde ein Pfeiler von 100 m Länge und 30 m Breite mit Spülversatz abgebaut. Da das Deckgebirge aus Sand besteht, war es mit Rücksicht auf den Gebirgsdruck notwendig, die Abbauräume nicht zu groß zu bemessen und den Pfeiler möglichst wenig mit Grubenbauen zu durchschneiden. Für die Anwendung des Spülverfahrens lagen die Verhältnisse hier günstiger. Die Stöße wurden durch schwebenden Verhieb abgebaut, wobei die Abbauräume leicht zugespült werden konnten und ein guter Wasserablauf möglich war. Das Verfahren wurde nach Abbau weniger Stöße eingestellt, da die Kohle durch das Spülgut stark verunreinigt wurde. Die Spülleistungen sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt. Zum Vergleich sind die durchschnittlichen Leistungen, die in Oberschlesien und im Kalibergbau erreicht werden, mit aufgeführt. An sonstigen Ergebnissen ist zu erwähnen, daß die befürchtete Verunreinigung der Kohle im allgemeinen bei erdiger Kohle nicht eintrat. Der Abbauverlust wurde durch dieses Verfahren auf 17 vH verringert. Die Häuerleistung beim Spülversatz ist gleich der beim Förderbruchbau. Eine Verminderung des Gebirgsdruckes und des Holzverbrauches ist nicht erreicht worden. Da bei Anwendung des Spülversatzes die Senkung der Gebirgsschichten 12 vH ausmachte, darf dieses Verfahren bei empfindlichen Bauten und dergl. über Tage nicht angewendet werden. („Braunkohle" Bd. 23 (1924) S. 708.)

[N 282] Gw.

Zahlentafel 1. Spülleistungen.

	m³/h	Mischverhältnis (Versatz u. Wasser)
Asche ohne Druckwasserförderer, Grube „von Voß"	4	1 : 12
Asche mit Druckförderer, Grube „von Voß"	10	1 : 6
Asche gesiebt (über 35 mm), mit Druckförderer, Grube „von Voß"	16	1 : 5,5
Sand ohne Druckförderer; Grube „Reußen"	25	1 : 5
Sand, mit Druckförderer, Grube „von Voß"	bis 50	1 : 44
Durchschnittliche Leistung in Oberschlesien	60 bis 75	—
Durchschnittliche Leistung im Kalibergbau	200	—

[1]) Z. Bd. 55 (1911) S. 1868 und Bd. 66 (1922) S. 665.

Fragen der Schalltechnik.

Von Dr.-Ing. H. Reiher, München.

An der Hand einer Reihe von Fragen der Schalltechnik wird gezeigt, durch welche Maßnahmen den Menschen der Aufenthalt in den meist sehr lauten Städten angenehmer gemacht werden kann. Es muß angestrebt werden, jeden unnötigen Schall zu vermeiden und nicht vermeidbare störende Geräusche zu isolieren sowie gewünschte Töne zu veredeln.

Einleitung.

Der Lärm der Straße mit ihren Fuhrwerken, Kraftwagen, Bahnen und Warnungssignalen, das Rasseln der Fernsprecher, Schreibmaschinen und Klingeln, das Dröhnen, Sausen und Hämmern der Maschinen dringen von früh morgens bis spät abends ungehindert in unser Ohr, das sich nicht, wie das Auge, abschließen und vor äußeren Eindrücken schützen kann. Selbst bei Nacht ist es den Geräuschen der Umwelt preisgegeben, die uns schwer einschlafen und unangenehm träumen lassen und aus dem Schlafe schrecken. Diese langsame Zerrüttung unsrer Nervenkraft dürfen wir nicht als unabwendbares Übel hinnehmen. Mit aller Energie muß im Gegenteil daran gegangen werden, Abhilfe zu schaffen.

Es muß in erster Linie aller überflüssige und vermeidbare Lärm bekämpft werden. Jeder einzelne sollte bei sich selbst mit Verbesserungsmaßnahmen anfangen. Schreien, Pfeifen, Türenzuschlagen, zu vieles und zu lautes Reden und Telephonieren machen einen großen Teil des Lärmes aus, mit dem wir uns gegenseitig belästigen. Unser Singen und Musizieren trifft — besonders bei offenen Fenstern — oft empfindlichere und weniger wohlwollende Ohren als unsere eigenen. Mit etwas mehr Selbstzucht, Selbstbeherrschung und Rücksichtnahme ist schon viel gewonnen.

Wo diese fehlen, müssen die Behörden mit ihren Organen eingreifen. Weiterhin könnten unnötige und mißtönende Signale, übermäßiger Lärm der Kraftfahrzeuge und Straßenbahnen, das Laufenlassen von Motorrädern in den Straßen und Höfen der Städte zur Probe ebenfalls durch amtliche Maßnahmen leicht zum Verschwinden gebracht werden. Wenigstens sollte auf möglichst reine, harmonische Signale mehr Wert als bisher gelegt werden.

In diesem Sinne erlassene Verbote und Bestimmungen finden jedoch ihre Begrenzung in dem jeweiligen Stand der Schalltechnik, deren Aufgabe es ist, geeignete Hilfsmittel zur Bekämpfung lästiger Geräusche zu schaffen. Hierbei kann sie in zwei Richtungen vorgehen, indem sie entweder die Schallquelle beseitigt oder isoliert oder den Schallempfänger, das Ohr, schützt.

Zur erfolgreichen Lösung dieser Aufgaben sind die Verfahren der wissenschaftlichen Technik erforderlich, von denen einige im Nachstehenden an einer Reihe der wichtigsten akustischen Fragen angedeutet werden sollen. Infolge der durch die Ereignisse der letzten Jahre bedingten Schwierigkeit in der Beschaffung aller wissenschaftlichen Literatur eines Wissensgebietes ist es nicht möglich, über den heutgen Stand der Forschung auf dem Gesamtgebiet lückenlos zu berichten.

Schallisolation.

Eine der Hauptaufgaben des Schallschutzes ist die Schallisolation der in der Industrie notwendigen Kraft- und Arbeitsmaschinen, damit die von ihnen ausgehenden Geräusche und Erschütterungen niemand belästigen. Der Einbau in genügend schalldichte Räume, das Aufstellen auf schall- und erschütterungshemmende Unterlagen wird meist den größten Teil der durch die Luft und durch feste Teile des Gebäudes übertragbaren Schallenergie zurückhalten.

Bei den zur Fortbewegung von Fahrzeugen dienenden Maschinen sind andre Maßnahmen zur Schalldämpfung nötig, z. B. schalldämpfende Auspufftöpfe und Umhüllungen bei Explosionskraftmaschinen. Für den Verkehr in der Stadt sollten ferner geräuschvolle Motoren durch leise arbeitende ersetzt werden. So bieten z. B. elektrisch betriebene Wagen bei fast lautlosem Gange den Vorteil der angenehmeren Bedienung und besonders des besseren Wirkungsgrades bei aussetzendem Betrieb. Ihre Zahl nimmt erfreulicherweise in den Großstädten dauernd zu.

Ein weiteres Gebiet, auf dem viel bisher Vernachlässigtes nachgeholt werden muß, ist das der Schallisolierung der Wohngebäude und Räume, sowohl gegen die Straße als auch gegeneinander. Der Lärm der Straße muß von den Wohnräumen ferngehalten werden können, damit er die Bewohner nicht belästigt. Ebenso sollten die einzelnen Wohnungen und auch die Zimmer schalldicht gegeneinander abgeschlossen sein, damit z. B. Musikvorträge und Gespräche in einem Raum nur in diesem selbst vernehmbar sind. Leider sind heute noch die meisten unserer Wohnhäuser, ja selbst große Vortragsräume, Konzertsäle und Theater gegen störende Geräusche von außen nicht genügend geschützt. Es liegt dies häufig an zu schwachen Wänden, die den Schall nicht nur weniger absorbieren als stärkere, sondern, durch periodische Schallimpulse in Schwingung versetzt, selbst zu Schallquellen werden. Den Heizungs- und Lüftungskanälen, den Ritzen und Fugen, die alle gute Schalleiter sind, wird zu wenig Beachtung geschenkt.

Auf diesem Gebiete führten Versuche hauptsächlich von Berger, Weisbach, Ottenstein, W. S. Sabine, F. R. Watson und P. E. Sabine zu grundlegenden Ergebnissen.

Wie schon erwähnt wurde, sind dünne, schwingungsfähige Wände schlechte Isolatoren gegen Schallwellen, die sich in der Luft fortpflanzen, den sogenannten „Luftschall". Verwendet man dagegen Wände aus schwerem, nicht schwingungsfähigem, oder gar plastischem Material (Eisenbeton, Blei, Sand), so wird ein Mitschwingen unmöglich und die Isolation dadurch vollkommener. Gegen Ausbreitung von Schall, der sich durch die festen Teile eines Hauses oder den Erdboden fortpflanzt, den sogenannten „Bodenschall", ist jedoch nur die Einschaltung von Stoffen mit geringem Schalleitungsvermögen (Gummi, Korkplatten) zwischen Schallquelle und Boden wirksam. Die Verwendung von Baustoffen, die gegen „Luftschall" isolieren, ist hier meist zwecklos. Es sind also ganz verschiedene, oft entgegengesetzte Maßnahmen zu treffen, je nachdem man sich gegen Luftschall oder Bodenschall schützen will.

Bodenteppiche und Filze eignen sich daher zur Verringerung des Bodenschalles, gegen Luftschall sind sie nur wenig wirksam. Störungen, die durch Geigenspiel, Gesang und lautes Sprechen hervorgerufen werden, sind also anders zu beseitigen als solche, die von Klavierspielen oder Nähen auf der Maschine herrühren. Hieraus ist ersichtlich, daß es schlechthin „allgemein dämpfende" Baustoffe nicht gibt, sondern daß in jedem Fall zunächst zu klären ist, von welcher Art der zu dämpfende Schall ist, ob er sich in der Luft oder in einem festen Medium fortpflanzt. In manchen Fällen, wie z. B. bei feststehenden Kraftmaschinen, sind Maßnahmen sowohl zur Dämpfung von Luftschall als auch von Bodenschall zu treffen. Die Vorkehrungen zum Dämpfen des Bodenschalls sind meist dieselben, die auch gegen die Übertragung von Erschütterungen getroffen werden müssen, wie sich dies aus einer Reihe von Untersuchungen von J. Geiger und E. Schmidt ergab.

Schallveredelung.

Während die bisher besprochenen Hilfsmittel unerwünschte Schallausbreitung verhindern sollen, sind oft Vorkehrungen zu treffen, damit die Klangwirkung einer Schallquelle in erwünschter Weise zur Geltung kommt. Der beabsichtigte Schall muß veredelt werden.

Eine Reihe von Fragen solcher Schallveredelung umfaßt das besonders die Architekten und Musiksachverständigen berührende Gebiet der Hörsamkeit großer Räume. Im allgemeinen entsprechen nur wenig Vortragsräume nach der Herstellung den Wünschen, die in klanglicher Hinsicht an sie gestellt werden. Während nämlich eine in freier Luft befindliche Schallquelle den Schall gleichmäßig nach allen Seiten aussendet, treten in geschlossenen Räumen infolge der Durchlassung, Absorption und Zurückwerfung der Schallwellen an Wänden,

Fenstern und Türen Erscheinungen auf, die zum „Nachhall" führen und die Wirkung der Schallquelle (Orchester, Redner) beeinflussen und meist beeinträchtigen.

Nicht nur die von der Schallquelle unmittelbar ausgehenden Töne treffen auf das Ohr der Zuhörer, sondern auch die an den Wänden zurückgeworfenen, so daß jeder Ton nachhallt, wie z. B. die Töne des Klaviers, wenn auf das Pedal getreten wird. Beim Sprechen ist jeder Nachhall störend, bei Gesang und Musikvorträgen führt zu langer Nachhall zu Dissonanzen und kann den Vortrag bis zur Unerträglichkeit verzerren. Anderseits läßt das Fehlen jeglichen Nachhalls ein Musikstück klanglos und tot erscheinen; es fehlt das Nachklingen, der musikalische Duft.

Jeder Raum besitzt eine bestimmte Nachhallzeit. Hierunter versteht man die Zeitdauer, während der ein Ton nach Ausschalten der Schallquelle noch hörbar weiterklingt. Von einer „günstigsten Nachhallzeit" spricht man dann, wenn durch den Nachhall der Vortrag musikalisch vollwertig wird. Die Entscheidung, welche Nachhallzeit musikalisch am günstigsten wirkt, muß in letzter Linie der Musikkenner treffen.

Jedem Konzertsaal kommt, hauptsächlich bedingt durch seine Ausmaße und die Gliederung der Wandoberflächen, eine solche „günstigste Nachhallzeit" zu, die zu erreichen angestrebt werden muß. Sie beträgt z. B. für musikalische Vorträge im Gewandhaussaal in Leipzig bei vollbesetztem Saal 2,3 Sekunden. Bei nicht ganz besetztem oder leerem Saale vergrößert sich die Nachhallzeit, so daß in solchen Fällen die Hörsamkeit eines Raumes, die bei voller Besetzung gut ist, verschlechtert wird. Soll ein Saal sowohl zu musikalischen als auch zu sprachlichen Vorträgen geeignet sein, so muß in ihm eine Nachhallzeit erreicht werden, die zwischen der günstigsten Nachhallzeit für Musik und der kurzen Nachhallzeit für Reden liegt.

Versuche von W. S. Sabine und F. R. Watson an akustisch guten Sälen ermöglichten das Auffinden von Gesetzmäßigkeiten für die günstigste Nachhallzeit. Meist haben Säle mit ebenen glatten, harten Wänden einen durch zu große Intensität der zurückgeworfenen Wellen bedingten zu langen Nachhall, der durch Anbringen von Teppichen und Vorhängen verkleinert werden kann, bis die günstigste Nachhallzeit erreicht ist. Die Teppiche zerstreuen und absorbieren den auftreffenden Schall zum Teil, schwächen dadurch den zurückgeworfenen Anteil und verkürzen damit den Nachhall. Durch Anbringen leicht aufrollbarer Vorhänge und Teppiche läßt sich der Nachhall in gewissen Grenzen regeln, indem z. B. bei schlechtem Besuch eines Konzerts an Stelle der fehlenden Zuhörer ein gleichviel Schallenergie absorbierender und zerstreuender Teil der Vorhänge auseinander gerollt wird. Diese Maßnahme könnte auch zum Verkürzen des Nachhalls angewendet werden, wenn in einem Konzertsaale sprachliche Vorträge gehalten werden sollen und der normale Nachhall zu lang und störend ist.

Säle mit zu kurzem Nachhall für Musikvorträge kommen seltener vor. Hier ist es meist schwieriger, Maßnahmen zur Verlängerung der Nachhallzeit zu treffen.

Die Versuche der oben genannten Forscher sowie diejenigen von Michel, P. E. Sabine und Eckhardt geben ferner die Möglichkeit, bereits nach Herstellung des Bauplanes zu übersehen, ob ein Raum akustisch gut oder schlecht wird. Durch Versuche mit Wasserwellen an kleinen Querschnittsmodellen der entworfenen Vortragsräume lassen sich nämlich die akustischen Eigenschaften eines geplanten Baues oder Umbaues in gewissen Grenzen im voraus beurteilen.

Meßtechnische Behandlung akustischer Fragen.

Mit den hier genannten, für die Allgemeinheit wichtigen Fragen der Schalltechnik hängt eine ganze Reihe andrer Probleme zusammen, deren Behandlung und Lösung der Technik die Unterlagen zu Weiterarbeit und Fortschritt geben. Es sind die zumeist in den wissenschaftlichen Forschungsstätten behandelten Aufgaben, die Gesetze in den Naturvorgängen zu erfassen und meßtechnisch zu verfolgen. Deshalb sollen auch einige Fragen dieses Gebietes kurz berührt werden.

Daß die akustische Forschung noch nicht weit über die Anfangsstufe hinausgekommen ist, liegt zum großen Teil an der Schwierigkeit, geeignete Schallerzeuger und Schallempfänger zu konstruieren. Bei fast allen Versuchen und Messungen auf dem Gebiete der Akustik sind Apparate nötig, die erlauben, jederzeit reine Töne genau bestimmter Schwingungszahl und Intensität zu erzeugen, die also eine Art Normalinstrumente darstellen, ähnlich wie die Stimmgabel, nur mit sehr viel größerer Lautstärke.

Da ferner für den Tonempfang und für Intensitätsvergleiche das menschliche Ohr nicht zuverlässig genug ist, sind Meßgeräte erforderlich, die aus der hervorgebrachten Wirkung auf den Energieinhalt der auftreffenden Schallwellen schließen lassen. In dieser Richtung hat das Bestreben vorgearbeitet, in der drahtlosen Telephonie für unverzerrte Übertragung und Wiedergabe der Töne zu sorgen und geeignete Apparate hierfür zu schaffen.

Es gibt heute zuverlässige Verfahren zum Ausmessen von Schallfeldern und zur objektiven Klangaufzeichnung. Dieses Gebiet ist besonders für die Erforschung der menschlichen Stimme und der Struktur der Sprache für physiologische und technische Zwecke von Bedeutung. Ferner wird das Aussieben ganz bestimmter Tongruppen aus einem Gemisch von Tönen aller Frequenzen mit Hilfe von in Reihe geschalteten Resonatoren ermöglicht. Die Musiklehre ist dadurch in der Lage, das sie angehende Gebiet der quantitaven und qualitativen Zerlegung der Töne der Musikinstrumente näher zu behandeln und dadurch dem Wesen der Klangfarbe näherzukommen.

Selbst mit guten Meßgeräten sind jedoch richtige Schallmessungen schwer durchzuführen. Denn es treten, wie zuvor erwähnt, in einem Raume stehende Wellen, Schwebungen und Dissonanzerscheinungen auf, die die ursprünglichen Verhältnisse völlig ändern. Messungen über grundlegende Gesetzmäßigkeiten sollten deshalb stets im Freien vorgenommen werden, da dort, im Gegensatz zu geschlossenen Räumen, klare Versuchsbedingungen und kontrollierbare Einflüsse der Atmosphäre bestehen. Im allgemeinen ist es äußerst schwierig, sich über akustische Verhältnisse ein klares Bild zu schaffen.

Man muß hierzu, ebenso wie zur Lösung der obenbesprochenen Probleme (Isolation von Maschinen und Häusern, Verbesserung der Hörsamkeit großer Räume) besonders das Verhalten von Schallwellen beim Durchgang durch die verschiedenen Medien (Fortpflanzungsgeschwindigkeit, Absorption) kennen. Weiter ist wichtig die theoretische und versuchsmäßige Behandlung der Frage der Ablenkung und totalen Reflexion von Schallwellen an der Grenze verschiedener Medien und der damit zusammenhängenden Feststellung des Standortes einer entfernt stehenden, wohl hörbaren, jedoch nicht sichtbaren Schallquelle.

Der Einfluß atmosphärischer Schichtungen und Strömungen wird zurzeit durch englische Wissenschaftler mit Hilfe von Flugzeugen erforscht, und man spricht bereits von „akustischen Wolken", „akustischem Horizont" und „akustischer Dämmerung". Schallwellen, die von einem sich in der Luft bewegenden Flugzeug ausgingen, zeigten nämlich für einen Beobachter auf der Erde ähnliche Verhältnisse, wie sie für die von der Sonne kommenden Lichtstrahlen bestehen, wenn der Himmel bewölkt ist oder wenn die Sonne untergeht.

Daß man überhaupt in England den Fragen der Akustik gewisse Bedeutung beimißt, zeigt die Tatsache, daß man sich dort bereits mit dem Gedanken der Ausbildung von „Schallingenieuren" befaßt. Und wenn es zutrifft, daß London eine der ruhigsten Großstädte geworden ist, so verdankt es dies sicher nur dem Verständnis, das die Behörden den schalltechnischen Fragen entgegenbringen.

Schluß.

Durch schnelles, richtiges Erfassen und planmäßiges Bearbeiten all der vorgenannten Fragen wird bei zweckmäßigem Zusammenarbeiten von Naturwissenschaft, Meteorologie, Technik, Baukunst und Musiklehre den Menschen der Aufenthalt in den Städten sehr bald erleichtert und angenehmer gemacht werden können[1]. [B 158]

[1] Über das die Fragen der Belästigung durch Geräusche umfassende Rechtsgebiet gibt ein Aufsatz von Dr. G. Freitag in Nr. 1 (1925) der VDI-Nachrichten Auskunft.

Kleinkältemaschinen mit Drehkolbenkompressoren.

Von Prof. Dr.-Ing. R. Plank, Danzig, Dr. M. Krause, Berlin, und Dipl.-Ing. W. Tamm, Berlin.
(Mitteilung aus dem Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule Danzig).

(Schluß von S. 397.)

4. Laboratoriumsversuche an einem Drehkolbenkompressor.

Um die Betriebseigenschaften des beschriebenen Drehkolbenkompressors, besonders den Lieferungsgrad und den Leistungsverbrauch, unter verschiedenen Betriebsverhältnissen genau zu untersuchen, haben wir eine kleine Ammoniak-Kältemaschine, bestehend aus einem mit einem Gleichstrom-Elektromotor unmittelbar gekuppelten Drehkolbenkompressor, einem Tauchkondensator und einem Salzwasserverdampfer, im Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule Danzig aufgestellt. Die Bauart des Kompressors entspricht genau Abb. 4 und 5 S. 394/95 (altes Modell). Der Versuchsplan bestand in der Durchführung von vier Versuchsreihen, und zwar:

a) bei veränderlicher Umlaufzahl und unveränderter Verdampfungs- und Kondensationstemperatur;
b) bei veränderlicher Kondensationstemperatur und unveränderter Umlaufzahl und Verdampfungstemperatur;
c) bei veränderlicher Verdampfungstemperatur und unveränderter Umlaufzahl und Kondensationstemperatur;
d) in den Versuchsreihen a) bis c) wurde „trocken" gearbeitet, d. h. der Kompressor sog trocken gesättigten oder schwach überhitzten Dampf an. Zum Vergleich wurde dann bei einigen Versuchen nasser Dampf angesogen.

Der untersuchte Kompressor hat folgende Hauptabmessungen:

Zyl.-Dmr.	$D = 136{,}75$ mm
Kolben.-Dmr.	$d = 131{,}75$ „
Kolbenlänge	$l = 60{,}00$ „
Exzentrizität	$\varepsilon = 100\dfrac{D-d}{D} = 3{,}66$ vH.

Das Hubvolumen für 1 Umdrehung beträgt also

$$V_0 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)\,l = 0{,}000\,063\,2 \text{ m}^3,$$

die normale Umlaufzahl 1000 Uml./min und damit das normale stündliche Hubvolumen

$$V_h = 0{,}000\,063\,2 \cdot 1000 \cdot 60 = 3{,}792 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Die normale Kälteleistung[1]) bei $t_e = -10$ °C Verdampfungstemperatur, $t = 25$ °C Kondensationstemperatur und $t_u = +12$ °C Unterkühlung vor dem Regelventil würde danach für die theoretische verlustlose Maschine betragen:

$$Q_0' = 682 \cdot 3{,}792 = 2585 \text{ kcal/h} \quad \text{und} \quad K_i' = 4280 \text{ kcal/PS}_i\text{h}.$$

Die Umlaufzahl des Antriebelektromotors, mit dem der Kompressor durch eine elastische Lederkupplung unmittelbar verbunden war, ließ sich in den Grenzen von 600 bis 1450 Uml./min regeln.

Der Kondensator ist als ein einfacher Tauchapparat mit Verdrängerzylinder ausgeführt, so daß das Kühlwasser an der Ammoniakrohrschlange mit genügender Geschwindigkeit vorbeistreicht. Die Schlange ist aus Eisenrohr von 25/33 mm Dmr. hergestellt und hat eine äußere Kühlfläche von 1,37 m².

Der Verdampfer besteht aus einem mit Torfmull isolierten rechteckigen Blechbehälter von 1250 mm Länge, 340 mm Breite und 950 mm Höhe (lichte Maße). Die eiserne Verdampfungsschlange ist aus Rohr von 26/35 mm Dmr. hergestellt und hat eine äußere Kühlfläche von 1,87 m². Der Behälter war bis zu einer Höhe von 865 mm mit einer Lösung von Kochsalz und Glyzerin in Wasser gefüllt, deren spezifisches Gewicht 1,18 kg/l betrug. Der Soleinhalt berechnet sich danach zu 346,4 l = 409 kg. Die spezifische Wärme der Lösung wurde zu 0,76 kcal/kg °C bestimmt. Das Gewicht der Eisenteile (Behälter und Rohrschlange) betrug rd. 140 kg. Der Wasserwert W des Verdampfers beträgt also

Sole	$409 \cdot 0{,}76$	$= 311$
Eisen	$140 \cdot 0{,}115$	$= 16$
		$W = 327$ kg H_2O.

Die Sole wurde durch eine Kreiselpumpe an einem Ende des Behälters unten abgesaugt und floß am andern Ende oben wieder dem Behälter zu, so daß sich die Sole im Behälter in ständiger, wenn auch langsamer Bewegung befand.

Die Kälteleistung wurde im Beharrungszustand mit Hilfe von zwei elektrischen Heizwiderständen gemessen, die von der Firma Prometheus, Frankfurt a. M., bezogen waren und die in die Sole des Verdampfers versenkt wurden. Durch entsprechende Schaltung konnten Heizleistungen von 180 bis 2450 kcal/h mit 12 Zwischenstufen eingestellt werden. Da die Heizleistung der Kälteleistung der Maschine nicht ganz genau entsprechend gewählt werden konnte, so ergab sich bei jedem Versuch entweder eine kleine Erwärmung oder eine kleine Abkühlung der Sole (um wenige Zehntel Grad), die unter Berücksichtigung des soeben berechneten Wasserwertes von der Heizleistung abgezogen oder zu ihr zugeschlagen wurde, damit man die Nutz-Kälteleistung erhielt. Zur gesamten von der Maschine erzeugten Kälteleistung Q_0 gehören dann noch die Verluste durch Eindringen von Wärme aus der umgebenden Luft in den Verdampfer und die kalten Leitungen sowie durch die Pumpenarbeit. Diese Verluste wurden in sorgfältigen Vorversuchen einzeln ermittelt, und es stellte sich heraus, daß in den Verdampfer wegen seiner ziemlich mangelhaften Isolierung bei tiefen Soletemperaturen nicht unbeträchtliche Wärmemengen von außen eindringen.

Im Rahmen der Vorversuche wurden auch alle verwendeten Druckmesser und Thermometer genau geeicht.

Der Leistungsverbrauch N_{el} wurde mit Hilfe eines Spannungs- und Strommessers am Elektromotor gemessen. Da die Eisen- und Kupferverluste des Elektromotors bei verschiedenen Belastungen und verschiedenen Umlaufzahlen genau ermittelt waren, so konnte der effektive Energieverbrauch N_e an der Welle des Kompressors leicht gefunden werden. Für die Bestimmung des mechanischen Wirkungsgrades und der Wärmeverluste im Kompressor war es außerdem wichtig, wenigstens angenähert den indizierten Energieverbrauch N_i des Kompressors zu kennen. Dazu mußte die Leerlaufarbeit N_0 beim Betrieb der Maschine ohne Gegendruck ermittelt werden, da es zunächst noch keine Geräte gibt, die es gestatten würden, eine Drehkolbenmaschine zu indizieren. Es ergab sich dabei die Schwierigkeit, daß der Maschine beim Leerlauf kein Öl zugeführt werden konnte, weil die Schmierung nur unter der Wirkung des erzeugten Gegendruckes erfolgt (vergl. Abschnitt 2, S. 395 l. Sp.). Ein längerer Leerlauf war also für die Maschine gefährlich, und die trockenen Reibungsflächen hätten einen höheren Leistungsverbrauch ergeben, als den Eigenverlusten der geschmierten Maschine im belasteten Zustand entspricht.

Die Leerlaufarbeit wurde auf ziemlich genaue und gefahrlose Weise schließlich wie folgt bestimmt: Nach dem Abstellen der Maschine gleicht sich der Druck im Saug- und Druckstutzen bald vollständig aus; beim neuen Anlassen fällt der Druck p_0 im Saugstutzen ab und steigt der Druck p im Druckstutzen an; die Geschwindigkeit dieser Druckänderung kann durch entsprechende Öffnung des Regelventils zwischen dem Kondensator und dem Verdampfer geregelt werden. Spannungs- und Strommesser, Umlaufzahlmesser und die Druckmesser im Saug- und Druckstutzen wurden nun gleichzeitig abgelesen und dann der effektive Leistungsverbrauch des Kompressors über dem Druckverhältnis $\dfrac{p}{p_0}$ aufgetragen. Extrapoliert man dann die so erhal-

[1]) Vergl. Regeln für Leistungsversuche an Kältemaschinen und Kühlanlagen DINORM 1951 (Berlin, Beuth-Verlag). Daselbst findet man ausführliche Zahlentafeln für die theoretischen Kälteleistungen.

tene Kurve zurück, so erhält man bei $\frac{p}{p_0} = 1$ den Leerlaufverbrauch N_0. Auf diese Weise wurde aus mehreren Versuchen ein Leerlaufverbrauch von $N_0 = 175\,\text{W} = 0{,}238\,\text{PS}$ bei 930 Uml./min gefunden. Es wurde angenommen, daß sich die Leerlaufarbeit gleichmäßig mit der Umlaufzahl verändert, so daß man erhält

$$N_0 = 0{,}188\,n \text{ Watt} = 0{,}255\,n \text{ PS}$$

$$N_i = N_e - N_0 \quad \text{und} \quad \eta_m = \frac{N_i}{N_e}.$$

Zur Nachprüfung der kalorimetrischen Messungen im Verdampfer und Kondensator wurde von der Wärmebilanz Gebrauch gemacht. Diese lautet:

Gesamte Kälteleistung Q_0 + Wärmeäquivalent der indizierten Kompressorarbeit = Wärmeabgabe im Kondensator und in den heißen Leitungen. Diese Wärmebilanz stimmte bei allen Versuchen im Mittel auf 1,3 vH. Die größten Abweichungen betrugen bei einzelnen Versuchen 3,5 vH. Versuche, bei denen noch größere Fehler in der Wärmebilanz auftraten und bei denen kein guter Beharrungszustand erhalten werden konnte, wurden gestrichen. Eine größere Genauigkeit hätte bei einer so kleinen Maschine kaum erreicht werden können. Bei allen Versuchen der Reihen a) bis c) wurde das Regelventil so eingestellt, daß der Kompressor nahezu trockenen oder ganz schwach überhitzten Dampf ansog.

Es soll nun auf die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen kurz eingegangen werden. Von der Wiedergabe der Ablesewerte der einzelnen Versuche muß wegen Platzmangels abgesehen werden. Es handelt sich im ganzen um 13 Versuche, die genügend zuverlässig erscheinen.

a) Einfluß der Umlaufzahl.

Wie bei Kompressoren mit hin- und hergehendem Kolben, so wird man auch bei Drehkolben-Kompressoren das Vorhandensein einer günstigsten Umlaufzahl erwarten können. Mit zunehmender Umlaufzahl nehmen einerseits die Wandungsverluste beim Ansaugen ab, und die Verbindungszeit zwischen Saug- und Druckseite in der höchsten Stellung des Kolbens wird kürzer, anderseits wachsen die Drosselverluste, und die Kompressionslinie verläuft steiler.

Die Versuche Nr. 1 bis 5, Zahlentafel 3, wurden bei einer Verdampfungstemperatur $t_0 = -5\,°\text{C}$ und einer Kondensationstemperatur $t = +25\,°\text{C}$ ausgeführt. Bei kleinen Abweichungen von diesen Temperaturen in den Versuchen wurden die gemessenen Kälteleistungen und Leistungsverbrauchzahlen im Verhältnis der theoretischen Werte auf diese Temperaturen zurückgeführt. Als mittlere Temperatur des unterkühlten Ammoniaks vor dem Regelventil wurde bei allen Versuchen $t_u = +15\,°\text{C}$ angenommen. Die gemessenen Werte schwankten zwischen 12,5 und 16,5 °C. Die Umlaufzahl wurde von 594 bis 1444 Uml./min verändert. Die wichtigsten Versuchswerte und die daraus mit Hilfe der theoretischen Werte ermittelten Wirkungsgrade sind in Zahlentafel 3 zusammengestellt. Die Wirkungsgrade sind außerdem in Abb. 10 über der Umlaufzahl aufgetragen.

Wie aus dem Verlauf der Kurven zu ersehen ist, erhält man für den Lieferungsgrad λ und den indizierten Wirkungsgrad η_i einen Höchstwert, der zwischen 800 und 900 Uml./min liegt. Die Kurven verlaufen aber in der Umgebung dieses Höchstwertes so flach, daß man zwischen 600 und 1100 Uml./min die beiden Wirkungsgrade als nahezu unveränderlich ansprechen kann. Erst oberhalb 1200 Uml./min macht sich ein stärkerer Abfall bemerkbar. Überraschend ist die absolute Höhe der Wirkungsgrade, die bei Kolbenkompressoren mit hin- und hergehenden Kolben nur von größeren Einheiten erreicht wird. Der mechanische Wirkungsgrad blieb in dieser Versuchsreihe nahezu gleich und betrug etwa 71 vH. Dieser Wirkungsgrad ist verhältnismäßig niedrig, was auf das sehr enge Einpassen des Kolbens und der Nuß im Gehäuse wegen des guten Dichthaltens zurückzuführen ist. Der mechanische Wirkungsgrad läßt sich, wie wir im nächsten Abschnitt sehen werden, bei weniger dichtem Einpassen leicht über 80 vH steigern, doch geschieht das auf Kosten der inneren Abdichtung, also auf Kosten des Lieferungsgrades und des indizierten Wirkungsgrades.

Zahlentafel 3. Einfluß der Umlaufzahl.
$t_0 = -5\,°\text{C}$; $t = +25\,°\text{C}$; $t_u = +15\,°\text{C}$; Druckverhältnis $\frac{p}{p_0} = 2{,}825$.

Versuchnummer	1	2	3	4	5
Uml./min	594	811	1000	1187	1444
Kälteleistung Q_0 . . . kcal/h	1545	2135	2607	3020	3465
Leistungsverbrauch des Kompressors in PS N_e	0,522	0,714	0,871	1,053	1,293
Leistungsverbrauch des Kompressors in PS N_i	0,371	0,507	0,616	0,751	0,935
Spezifische Kälteleistung $K_i = \frac{Q_0}{N_i}$	4165	4210	4230	4020	3705
Spezifische Kälteleistung $K_e = \frac{Q_0}{N_e}$	2960	2990	2990	2870	2680
Theoretische Kälteleistung Q_0' . . . kcal/h	1840	2512	3096	3675	4470
Theoret. spezifische Kälteleistung K_i' kcal/PS$_i$	5139	5139	5139	5139	5139
Lieferungsgrad $\lambda = \frac{Q_0}{Q_0'}$ . . . vH	84,0	85,0	84,2	82,2	77,5
Indizierter Wirkungsgrad $\eta_i = \frac{K_i}{K_i'}$ . . . vH	81,0	81,9	82,3	78,2	72,1
Mechanischer Wirkungsgrad $\eta_m = \frac{N_i}{N_e}$ . . . vH	71,0	71,0	70,7	71,3	72,3

Abb. 10. Wirkungsgrade in Abhängigkeit von der Umlaufzahl. Versuch 1 bis 5.

Praktisch ist das Verhältnis $\frac{Q_0}{N_e}$ in Zahlentafel 3, also die Anzahl abgeführter Kalorien auf 1 PS$_e$ maßgebend, und auch diese Zahlen (rd. 3000 kcal/PS$_e$) übersteigen bei weitem das, was man sonst mit so kleinen Maschinen erreicht hat.

b) Einfluß der Kondensationstemperatur.

Die Versuche 6 bis 10, Zahlentafel 4, wurden bei einer Verdampfungstemperatur $t_0 - 10°$ und bei einer Drehzahl von 1000 Uml./min durchgeführt. Die Kondensationstemperatur wurde in fünf Stufen von 21° auf 37° erhöht. Die höchsten Werte entsprechen dabei bereits tropischen Verhältnissen. Als Unterkühlungstemperatur des Ammoniaks wurden in Zahlentafel 4, die sich auf diese Versuchsreihe bezieht, wieder + 15° angenommen.

Die Abhängigkeit der Wirkungsgrade von der Kondensationstemperatur ist aus Abb. 11 deutlich zu ersehen. Es fällt zunächst wieder die absolute Höhe der Wirkungsgrade auf. Außerdem ist es überraschend, daß der Lieferungsgrad mit wachsender Kondensationstemperatur (also wachsendem Druckverhältnis $\frac{p}{p_0}$) nur sehr langsam sinkt. Zum Vergleich wollen wir den Verlauf dieser Wirkungsgrade bei einem Ammoniakkompressor mit hin- und hergehendem Kolben heranziehen und stützen uns dabei auf die Ver-

suche von W. Fischer[1]) an einem liegenden, langsam laufenden, mit Kühlmantel versehenen Kältekompressor für etwa 18 000 kcal/h bei 100 Uml./min. Die Vergleichzahlen sind in der Zahlentafel 5 enthalten.

Man erkennt, daß die Wirkungsgrade bei dem Kompressor mit hin- und hergehendem Kolben mit zunehmender Kondensationstemperatur viel schneller fallen als beim Drehkolbenkompressor. Außerdem besteht im Verhalten beider Kompressoren ein grundsätzlicher Unterschied darin, daß beim Kompressor mit hin- und hergehendem Kolben der indizierte Wirkungsgrad η_i größer ist als der Lieferungsgrad λ, während beim Drehkolbenkompressor das Umgekehrte eintritt. Die Ursachen für das verschiedene Verhalten sind leicht zu ergründen. Es sei zunächst an den Zusammenhang zwischen λ und η_i erinnert:

$$\eta_i = \lambda \frac{p_m}{p_i},$$

worin p_m der mittlere Druck des theoretischen verlustfreien Druck-Volumen-Diagrammes bei adiabatischer Kompression und p_i der wirkliche mittlere indizierte Druck ist.

Für die Maschine mit hin- und hergehendem Kolben ist $\lambda < \eta_i$, also $p_i < p_m$; das wirkliche indizierte Diagramm ist also kleiner als das theoretische, und das rührt hauptsächlich von der Wirkung des schädlichen Raumes her, der bei der hier herangezogenen Vergleichsmaschine auf der Kurbelseite 5,34 vH und auf der Deckelseite 5,30 vH des Hubvolumens betrug[2]). Der schädliche Raum hat eine starke Rückexpansion zur Folge, durch die der Leistungsverbrauch verringert wird. Theoretisch bedingt ja der schädliche Raum nur volumetrische und nicht energetische Verluste. Mit wachsender Kondensationstemperatur, also wachsendem Druckverhältnis (bei gleichbleibender Verdampfungstemperatur) verläuft die Rückexpansionslinie immer weiter in den Saughub hinein, und daher fällt λ rasch ab. Der Abfall von η_i verläuft viel langsamer. Bei Kompressoren mit kleinsten schädlichen Räumen (z. B. bei der Bauart von Linde) sind die Unterschiede zwischen λ und η_i geringer, und die Abnahme beider Wirkungsgrade mit steigender Kondensationstemperatur findet langsamer statt.

Für die Drehkolbenmaschine ist $\lambda > \eta_i$, also $p_i > p_m$, und zwar nach unsern Versuchen um 5 bis 8 vH. Ein schädlicher Raum ist bei dieser Bauart praktisch überhaupt nicht vorhanden; dafür tritt eine, bei hohen Umlaufzahlen allerdings nur sehr schwache, Rückexpansion in der obersten Kolbenstellung ein, bei der Saug- und Druckraum miteinander verbunden sind. Die Vergrößerung der wirklichen Diagrammfläche gegen die theoretische ist dann anscheinend eine Folge von Drosselverlusten. Aus dem Verlauf des Ansaugevolumens während einer Umdrehung in Abb. 7 (S. 397) ersieht man, daß während der ersten 60° Kurbelwinkel und ebenso während der letzten 60° fast nichts angesogen wird, die ganze Ansaugemenge verteilt sich also auf die mittleren 240° und ist bei 180° am größten; zwischen 150 und 210°, also während des sechsten Teils einer Umdrehung, muß ⅓ des gesamten Hubvolumens angesogen werden. Die Strömgeschwindigkeit im Saugkanal ist also während dieser Zeit doppelt so groß wie die mittlere Strömgeschwindigkeit. Die Drosselung ist mithin in der Hubmitte am größten, während sie am Hubanfang und Hubende überhaupt nicht merklich ist. Es entsteht also in der Hubmitte ein Unterdruck im Kompressor, der sich gegen Hubende wieder ausgleicht. Das bedingt einen gewissen Mehrverbrauch an Arbeit und kann als Erklärung dafür dienen, daß hier $\eta_i < \lambda$ wird.

Aus dieser Versuchsreihe kann man jedenfalls den Schluß ziehen, daß die Leistung und Wirtschaftlichkeit der Drehkolbenmaschine von der Höhe des Gegendrucks nur wenig abhängt und daß diese Maschine daher bei hohen Gegendrücken (also z. B. als Kältemaschine in den Tropen) besonders am Platze ist.

In Zahlentafel 5 sind die indizierten Wirkungsgrade des Kompressors mit hin- und hergehendem Kolben besonders bei niedrigen Kondensationstemperaturen höher als beim Drehkolbenkompressor. Es darf aber nicht vergessen werden, daß wir zwei Kompressoren von sehr verschiedener Größe verglichen haben: die Kälteleistung des Kom-

[1]) Vergl. W. Fischer, Untersuchungen an einer Ammoniak-kältemaschine usw. Dissertation Danzig 1919 und Forschungsheft 244, Berlin 1921, vergl. S. 69.
[2]) Vergl. W. Fischer, a. a. O. S. 13.

Abb. 11. Wirkungsgrade in Abhängigkeit von der Kondensationstemperatur. Versuch 6 bis 10.

Zahlentafel 4. Einfluß der Kondensationstemperatur.
$t_0 = -10\,^0$C; $t_u = +15\,^0$C; $n = 1000$ Uml./min.

Versuchnummer	6	7	8	9	10
Kondensationstemperatur . . . . ^{0}C	21,0	24,9	28,2	31,9	37,0
Druckverhältnis $\frac{p}{p_0}$	3,012	3,439	3,800	4,242	4,912
Gesamte Kälteleistung Q_0 . . . . kcal/h	2095	2090	2050	2045	1995
Leistungsverbrauch des Kompressors in PS N_e	0,838	0,924	0,969	1,059	1,140
Leistungsverbrauch des Kompressors in PS N_i	0,583	0,669	0,714	0,804	0,885
Spezifische Kälteleistung $K_i = \frac{Q_0}{N_i}$	3595	3125	2870	2545	2255
Spezifische Kälteleistung $K_e = \frac{Q_0}{N_e}$	2500	2265	2115	1930	1750
Theoretische Kälteleistung Q_0' . . . . . kcal/h	2555	2555	2555	2555	2555
Theoret. spezifische Kälteleistung K_i' kcal/PSi	4790	4241	3872	3526	3139
Lieferungsgrad $\lambda = \frac{Q_0}{Q_0'}$ . . . . vH	82,0	81,8	80,2	80,0	78,1
Indizierter Wirkungsgrad $\eta_i = \frac{K_i}{K_i'}$ . . . . vH	75,1	73,7	74,1	72,2	71,9
Mechanischer Wirkungsgrad $\eta_m = \frac{N_i}{N_e}$ . . . vH	69,4	72,4	73,7	75,9	77,6

Zahlentafel 5. Vergleich mit Kompressor mit hin- und hergehendem Kolben.

		Kondensationstemperatur °C				
		20	25	30	35	40
Lieferungsgrad λ ($t_0 = -10\,^0$C) vH	Hin- und hergehender Kolben	80,6	73,9	67,7	63,0	59,2
	Drehkolben	82,5	81,2	80,0	78,7	77,5
Indizierter Wirkungsgrad η_i ($t_0 = -10\,^0$C) vH	Hin- und hergehender Kolben	84,8	80,2	76,1	73,5	72,2
	Drehkolben	75,5	74,1	72,9	71,9	71,0

Abb. 12. Wirkungsgrade in Abhängigkeit von der Verdampfungstemperatur. Versuch 11 bis 13.

Zahlentafel 6. Einfluß der Verdampfungstemperatur.

$t = +20\,^0$C; $t_u = +15\,^0$C; $n = 1000$ Uml./min.

Versuchnummer	extrapoliert	extrapoliert	11	12	13
Verdampfungstemperatur . . . . °C	— 5,0	— 10,0	— 14,6	— 20,0	— 25,04
Druckverhältnis $\frac{p}{p_0}$	2,415	2,947	3,565	4,505	5,660
Gesamte Kälteleistung Q_0 . . . . . . kcal/h	(2630)	2120	1727	1305	949
Energieverbrauch des Kompressors in PS N_e	(0,774)	0,825	0,823	0,809	0,746
Energieverbrauch des Kompressors in PS N_i	(0,519)	0,570	0,568	0,554	0,491
Spezifische Kälteleistung $K_i = \frac{Q_0}{N_i}$	(5070)	3720	3040	2355	1935
Spezifische Kälteleistung $K_e = \frac{Q_0}{N_e}$	(3400)	2570	2100	1615	1270
Theoretische Kälteleistung Q_0' . . . kcal/h	3096	2555	2125	1695	1363
Theoret. spezifische Kälteleistung K_i' kcal/PSi	6181	4944	4128	3404	2893
Lieferungsgrad $\lambda = \frac{Q_0}{Q_0'}$ . . . . vH	(85,0)	83,0	81,3	76,9	69,6
Indizierter Wirkungsgrad $\eta_i = \frac{K_i}{K_i'}$ . . . vH	(82,0)	75,3	73,6	69,2	66,9
Mechanischer Wirkungsgrad $\eta_m = \frac{N_i}{N_e}$. vH	(67,1)	69,1	69,0	68,5	65,8

pressors mit hin- und hergehendem Kolben ist unter gleichen Bedingungen fast zehnmal so groß wie die des Drehkolbenkompressors. Für sehr kleine Kompressoren mit hin- und hergehendem Kolben liegen leider keine genauen Versuchsergebnisse vor. Es kann aber mit ziemlicher Sicherheit behauptet werden, daß die bei der Drehkolbenmaschine gemessenen Wirkungsgrade von andern Kältekompressoren gleicher Größe bisher nicht erreicht wurden.

c) Einfluß der Verdampfungstemperatur.

Die Versuche 11 bis 13, Zahlentafel 6, wurden bei einer Kondensationstemperatur $t = +20\,$°C und bei einer Umlaufzahl von 1000 Uml./min durchgeführt. Die Verdampfungstemperatur t_o betrug der Reihe nach — 14,6°, — 20,0° und — 25,04 °C. Durch geringe Extrapolation ließ sich aus der vorigen Reihe (Abb. 11) auch noch das Verhalten bei $t_o = -10\,$°C ableiten, und durch Umrechnung von Versuch 3 von $t = 25°$ auf $t = 20\,$°C (mit Hilfe der Reihe 6 bis 10) konnte angenähert auch noch das Verhalten bei $t_0 = -5\,$°C angegeben werden. Die Ergebnisse sind in der Zahlentafel 6 und in Abb. 12 eingetragen worden.

Man sieht, daß auch hier, wie bei allen früheren Versuchen, $\lambda > \eta_i$ erhalten wurde. Die absolute Höhe der Wirkungsgrade ist wieder sehr befriedigend, und der Abfall des Lieferungsgrades λ mit sinkender Verdampfungstemperatur ist langsamer als bei Kompressoren mit hin- und hergehendem Kolben. Der indizierte Wirkungsgrad η_i fällt aber bei beiden Kompressorbauten nahezu gleich schnell ab. Zum Vergleich ziehen wir den gleichen von W. Fischer untersuchten Ammoniakkompressor heran und erhalten die in Zahlentafel 7 enthaltenen Werte, wobei die Zahlen für den Drehkolbenkompressor nach Abb. 12 graphisch ausgeglichen sind. Man erkennt jedenfalls, daß der kleine Drehkolbenkompressor auch bei recht tiefen Verdampfungstemperaturen noch durchaus befriedigend arbeitet.

Auf die ausführliche Wiedergabe der Versuchsergebnisse d) mit „nassem" Arbeiten kann verzichtet werden, da die dabei erreichten Leistungen und Wirkungsgrade weit hinter den Werten bei „trockenem" Kompressorgang zurückblieben. Das gleiche Verhalten ist seit langer Zeit bei Kompressoren mit hin- und hergehendem Kolben bekannt. Die Verluste sind aber bei Drehkolbenkompressoren noch größer, und die Ursache ist vermutlich darin zu suchen, daß die Flüssigkeitstropfen, die sich bei nassem Ansaugen auf der Zylinderwand absondern, nicht vom Kolben beim Kompressionshub abgestreift und in die Druckleitung geschoben werden, sondern bis zur vollständigen Verdampfung im Zylinder verbleiben, weil der Drehkolben im wesentlichen über sie hinwegrollt und nicht an ihnen vorbeigleitet. Es muß also hier das nasse Arbeiten unbedingt vermieden werden, sei es durch Verwendung eines Flüssigkeitabscheiders, sei es durch Einbau eines selbsttätigen Reglerventils.

5. Betriebsversuche an Drehkolbenkompressoren.

Der im vorigen Abschnitt behandelte Ammoniak-Drehkolbenkompressor von Sylbe & Pondorf war im Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule Danzig, vom Januar bis September 1924 täglich mehrere Stunden im Betrieb und ist wiederholt Tag und Nacht durchgelaufen. Nach Beendigung der in Abschnitt 4 besprochenen Laboratoriumsversuche (Ende Juni) lief der Kompressor bis Mitte September täglich 6 bis 8 h zwecks Eisenerzeugung. Die Bedienung beschränkte sich während der ganzen Zeit auf das An- und Abstellen der Maschine; weder Ammoniak noch Öl wurde nachgefüllt. Es kann daher behauptet werden, daß sich der Kompressor im praktischen Dauerbetrieb durchaus bewährt hat und daß die Betriebsicherheit sehr groß ist.

Am 13. Mai 1921 wurde ein kleiner Drehkolbenkompressor der in den Abb. 4 und 5 dargestellten Bauart auf dem Versuchstand der Firma Sylbe & Pondorf untersucht. Vor der Untersuchung war diese Maschine bereits über ein Jahr im Betrieb und bediente einen Kühlschrank. Die Hauptabmessungen betrugen:

Gehäuse-Dmr. . . . . $D = 134$ mm
Kolben-Dmr. . . . . $d = 128$ „
Kolbenlänge . . . . $l = 42$ „
Exzentrizität . . $\varepsilon = 100\frac{D-d}{D} = 4{,}5$ vH.

Zahlentafel 7. Vergleichzahlen.

		Verdampfungstemperatur °C — 5	— 10	— 15	— 20	— 25
Lieferungsgrad λ ($t = +20\,^0$) vH	Hin- und hergehender Kolben	86,7	80,6	74,6	68,2	61,7
	Drehkolben	85,0	83,0	81,0	76,9	69,6
Indizierter Wirkungsgrad η_i ($t = +20\,^0$) vH	Hin- und hergehender Kolben	88,3	84,8	81,1	77,4	73,8
	Drehkolben	79,0	77,0	74,0	71,0	65,5

Zahlentafel 8.

Bezeichnung des Kompressors	Dmr. des Gehäuses mm	Dmr. des Kolbens mm	Kolbenlänge mm	Exzentrizität ε vH	Hubvolumen auf 1 Umdrehung cm³	Uml./min
R_0	104	100	50	3,85	32,05	1200 bis 1600
R_1	136	131	60	3,68	62,91	
R_2	160	155	78	3,12	96,47	

Die Maschine lief mit 1040 Uml./min und hatte dabei ein Hubvolumen von 3,235 m³/h.

Die Kälteleistung wurde durch einen Abkühlungsversuch festgestellt, der natürlich nicht so genau ist wie die in Abschnitt 4 besprochenen Versuche im Beharrungszustand. Bei —10 °C Verdampfungstemperatur, 32 ° Kondensationstemperatur und 20° Unterkühlungstemperatur des Ammoniaks vor dem Reglerventil wurde eine gesamte Kälteleistung $Q_0 = 1545$ kcal/h gemessen. Der Stromverbrauch des Antriebelektromotors betrug 1,10 kW, und der mechanische Wirkungsgrad des Elektromotors war zu 0,72 ermittelt worden. Der effektive Energieverbrauch an der Kompressorwelle betrug also $N_e = 1{,}08$ PS$_e$. Man erhält danach bei den angegebenen Versuchsbedingungen einen Lieferungsgrad λ von 72,3 vH und eine spezifische Kälteleistung $K_e = 1430$ kcal/PS$_e$. Dieses Ergebnis muß bei der hohen Kondensationstemperatur von 32 °C noch als recht befriedigend bezeichnet werden, da man bei so kleinen Kompressoren mit hin- und hergehendem Kolben praktisch nur mit 1000 kcal/PS$_e$ rechnet und dabei eine Kondensationstemperatur von 25 ° zugrunde legt.

Am 7. September 1921 wurde auf dem Versuchstand von Sylbe & Pondorf ein größerer Drehkolbenkompressor mit wassergekühltem Gehäuse und zwei gegeneinander um 180 ° versetzten Kolben als Luftkompressor untersucht. Die Hauptabmessungen waren:

Gehäuse-Dmr. . . . . $D = 300$ mm
Kolben-Dmr. . . . . $d = 280$ „
Kolbenlänge . . . . $l = 2 \cdot 70 = 140$ „
Exzentrizität . . $\varepsilon = 100 \frac{D-d}{D} = 6{,}67$ vH.

Die normale Drehzahl betrug 450 Uml./min. Das Hubvolumen war dabei $V_h = 34{,}4$ m³/h. Der Kompressor sog Luft von atmosphärischer Spannung an und verdichtete sie in einer Stufe auf einen abs. Gegendruck, der bei den Versuchen von 2 bis 10 at verändert wurde. Die angesaugte Luftmenge wurde mit Hilfe eines vereinigten Anemometers und Zeitmessers von Albert Dargatz, Hamburg, gemessen, das Gerät wurde nach den Versuchen genau geeicht. Es wurden bei dieser Maschine sehr hohe Lieferungsgrade festgestellt, bei 2 at abs. Gegendruck über 95 vH und selbst bei 10 at abs. noch über 80 vH. Dagegen nahm der Kraftverbrauch des Kompressors mit wachsendem Gegendruck ziemlich rasch zu, so daß der (angenähert berechnete) indizierte Wirkungsgrad, bezogen auf verlustfreie adiabatische Kompression, bei 10 at abs. Gegendruck nur noch knapp 50 vH betrug. Der Leerlaufverbrauch stellte sich auf 0,6 PS. Während des Versuchs lief die Maschine ruhig und geräuschlos, wir hatten aber nicht Gelegenheit, ihr Verhalten im Dauerbetrieb zu beobachten.

Ende April 1924 haben wir auf dem Versuchstand von Sylbe & Pondorf drei kleine Kompressoren neuester Bauart (nach Abb. 8 und 9, S. 397) als Ammoniakkältemaschinen untersucht. Die Hauptabmessungen gibt Zahlentafel 8 an.

Der Kolben und die Nuß waren in das Gehäuse bei diesen Maschinen zur Verringerung der Leerlaufarbeit weniger dicht eingepaßt. Es gelang damit, den mechanischen Wirkungsgrad bei Kondensationstemperaturen von 20 bis 25 °C, also bei verhältnismäßig schwachen Belastungen, auf 80 bis 82 vH zu steigern. Der Lieferungsgrad und der indizierte Wirkungsgrad waren bei diesen Maschinen allerdings kleiner als bei der in Abschnitt 4 untersuchten Type. Dafür stellen aber die hier untersuchten Kompressoren geringere Ansprüche an die Genauigkeit der Herstellung, und die Gefahr des Warmlaufens ist so gut wie ausgeschlossen.

Die Kompressoren wurden bei 1200 bis 1600 Uml./min untersucht, und es zeigte sich, daß die Wirkungsgrade bei wachsender Umlaufzahl abnahmen. Beim Übergang von 1200 auf 1600 Uml./min sank der Lieferungsgrad um etwa 5 vH und der indizierte Wirkungsgrad sogar um mehr als 10 vH. Nach den Ergebnissen der im Abschnitt 4a) mitgeteilten Versuche würden die Wirkungsgrade bei 900 bis 1000 Uml./min wahrscheinlich noch etwas höher sein. Hohe Umlaufzahlen von 1400 bis 1500 sind aber für den unmittelbaren Antrieb durch Drehstrom-Elektromotoren erwünscht.

Bei einer Verdampfungstemperatur von —10 °C und einer Kondensationstemperatur von 20 bis 25 °C wurden Lieferungsgrade von 55 bis 60 vH und indizierte Wirkungsgrade von 47 bis 50 vH erreicht. Eine Erhöhung der Kondensationstemperatur bis 31 °C und eine Herabsenkung der Verdampfungstemperatur bis —21 °C hatte keine wesentliche Verringerung der Wirkungsgrade zur Folge. Die Maschine R_2 ergab z. B. bei 1465 Uml./min, —20,9 °C Verdampfungs- und + 26,6 ° Kondensationstemperatur $\lambda = 55$ vH und $\eta_i = 50$ vH.

Die normale Kälteleistung Q_0 der drei Kompressoren R_0, R_1 und R_2 kann bei 1500 Uml./min im Durchschnitt mit 1000 bzw. 2000 bzw. 3000 kcal/h angegeben werden und die spezifische Kälteleistung K_e mit 1500 kcal/PS$_e$. Damit sind auch diese Drehkolbenmaschinen bei normalen Betriebsbedingungen den Kompressoren mit hin- und hergehendem Kolben bei gleicher Größe mindestens ebenbürtig und bei höheren Kondensationstemperaturen bzw. niedrigen Verdampfungstemperaturen sogar unbedingt überlegen.

Zusammenfassend möchten wir unsere Ansicht dahingehend aussprechen, daß der Drehkolbenkompressor, Bauart Güttner, eine sehr beachtenswerte technische Leistung darstellt. Es ist nicht zu leugnen, daß die einwandfreie werkstattmäßige Herstellung dieser Maschine mehr Sorgfalt erfordert, als es im allgemeinen Maschinenbau durchschnittlich der Fall ist, doch braucht man dabei nicht bis zur Grenze der Präzisionstechnik oder der Feinmechanik zu gehen. So brauchen z. B. die Stirnflächen des Kolbens und die angrenzende Gehäusefläche nur sauber abgedreht, nicht etwa geschliffen oder poliert zu werden. Es kann jedenfalls damit gerechnet werden, daß sich die Drehkolbenmaschine als Kleinkältekompressor sehr rasch einführen wird. Dagegen ist die Überlegenheit der Drehkolbenmaschine für mittlere und hohe Leistungen noch nicht erwiesen. [B 705]

RUNDSCHAU.

Maschinenteile.

Fortschritte der Zahnrädererzeugung.

Im folgenden werden einige kurze Ergänzungen zu meinem früheren Aufsatz[1]) mitgeteilt. Nachdem auch eine deutsche Firma (Gebr. Lorenz, Ettlingen) die Lizenz auf die Sykes-Zahnrad-Hobelmaschine erworben und die Maschine auf der Leipziger Frühjahrsmesse ausgestellt hat, ist es angebracht, näher auf diese Maschine einzugehen, zumal der durch diese Maschine angebahnte Fortschritt recht bedeutend erscheint[2]). In Abb. 44 meines Aufsatzes habe ich die Unterschiede des Sykes-Pfeilrades gegenüber den von Fellows und von Wüst herstellbaren Formen deutlich gezeigt. Das Sykes-Pfeilrad, Abb. 1, hat eine wesentlich größere Festigkeit, was für hoch beanspruchte Räder wichtig ist, und läßt sich auch genauer herstellen, also für raschlaufende Getriebe, Abb. 2, vorteilhaft verwenden. Das Stoßwerkzeug von Gebr. Lorenz, Abb. 3 und 4, für solche Zahnräder unterscheidet sich von der Fellows-Bauart durch die wagerechte, sehr gut geführte Stoßräderachse, die beim Hin- und Rückgang arbeitet, und durch zwei konzentrisch geführte Stoßräder *a* und *b*, wovon das eine die rechte, das andre die linke Radhälfte bearbeitet. Durch die steilen Schraubenführungen *c* und *d* wird der Pfeilwinkel festgelegt. Die Maschine ist aber auch für axial gerichtete Zähne verwendbar und kann dann gleichzeitig mehrere Räder hobeln, Abb. 5 und 6. Kennzeichnend ist die vollständige Unabhängigkeit beider Stoßradantriebe, wobei jede Stoßradachse für sich beim Rücklauf des Werkzeuges etwas zurückrückt und auch ein gesondertes Teilrad erhalten muß.

RM923Z1

Abb. 2. Getriebe mit Sykes-Pfeilrädern.

RZ923Z1

Abb. 1. Sykes-Pfeilrad.

Abb. 4.

Abb. 3 und 4. Stoßwerkzeug für Sykes-Pfeilräder von Gebr. Lorenz.
a, *b* konzentrisch geführte Stoßräder zum Bearbeiten der beiden Radhälften
c, *d* steile Schraubenführungen zum Festlegen des Pfeilwinkels.

Hier sei noch zur Berichtigung meiner früheren Darlegungen über das Fellows-Stoßrad erwähnt, daß auch ein Stoßradwerkzeug, dessen Zähne durch das Nachschleifen schmaler geworden sind, einwandfrei beide Flanken des Werkstücks gleichzeitig bearbeiten kann, wenn seine Rechts- und Linksflanken unter Beibehaltung des Grundkreises nach hinten schwach schraubenförmig verlaufen, während Kopf- und Fußkreis kegelförmig sich so ergänzen, daß das nachgeschliffene Stoßrad bei spielfreier Flankenanlage auch den Fußkreis des Werkstücks berührt.

Bei ganz großen Pfeilrädern, die für Turbinengetriebe hergestellt und nach dem Schneiden nicht geschliffen werden, hat die Firma David Brown & Sons, Huddersfield, das genauere Hobelverfahren eingeführt, s. Abb. 7. Sie benutzt hierfür zwei unter 30° Schrägung zur

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 913 u.
[2]) s. a. S. 466 dieses Heftes.

RZ923Z4

Abb. 5.

RZ923Z4

Abb. 5 und 6. Vorrichtung von Gebr. Lorenz zum gleichzeitigen Hobeln mehrerer Räder mit gerichteten Zähnen.

Abb. 8.

Abb. 7. Hobelmaschine von David Brown & Sons für große Pfeilräder.

Abb. 8 und 9. Stirnrad-Fräsmaschine für Automobilfabriken von Lees-Bradner.

Abb. 10. Kegelräder-Fräsmaschinen, Bauart Schicht-Preis, von F. Klingenberg Söhne, Remscheid, mit kegelförmigem Schraubfräser.

wagerechten Radachse geführte Hobelkämme (also keine Räder), womit man Pfeilräder bis zu 2 m Dmr. gleichzeitig auf beiden Hälften hobeln kann[1]).

Aber auch das Stirnräder-Fräsverfahren hat einen bemerkenswerten Fortschritt durch den Bau einer besonders leistungsfähigen Maschine zum Vorschruppen von Getrieberädern für Kraftwagen zu verzeichnen, die neue Lees-Bradner-Fräsmaschine, Abb. 8 und 9[2]). Bei der großen Auflage der Getrieberäder lohnt es sich unter Umständen, für jede Radgröße eine besondere Maschine herzustellen. Diese Maschine kann dann ganz besonders einfach, leicht bedienbar, gut versteift und darum leistungsfähig gebaut werden, besonders wenn auch auf große Genauigkeit und auf Schlichtspan verzichtet wird, da die erzeugten Räder doch nachträglich gehärtet und geschliffen werden. Eine große Keilführung dient zum Heben und Senken des Fräsers, zwischen Fräser und dem axial verschiebbaren Werkstück kann die gewünschte Übersetzung durch entsprechend auswechselbare Räder ein für alle Mal eingestellt werden. Wird dann noch der Fräser selbst als 90°-Fräser (nach Gould & Eberhard) ausgebildet, so kann man die Maschine als Muster einer leistungsfähigen Sondermaschine bezeichnen, die allerdings nur für größte Massenherstellung Bedeutung hat.

Als neue Maschinen zur Herstellung von Bogenzahnkegelrädern seien erwähnt die Bogenhobelmaschine der Sächsischen Fräsmaschinenfabrik, Chemnitz, die bereits von Hülle[3]) ausführlich beschrieben wurde, und die verblüffend einfache Kegelradfräsmaschine von Ferd. Klingenberg Söhne, Remscheid, Abb. 10, die nach dem Verfahren von Schicht und Preis arbeitet. Beide Kegelradmaschinen sind auf der Leipziger Frühjahrsmesse in Betrieb gewesen und zeigten, daß auch bei uns wieder Leben und Unternehmungsgeist auf diesem Gebiete herrscht. [M 923] Kutzbach.

[1]) Näheres s. „The Engineer" Bd. 138 (1924) S. 445.
[2]) „Machinery" September 1924 S. 61.
[3]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 214.

Eisenbahnwesen.

Neuerungen im Triebwagenverkehr

An dieser Stelle[4]) ist mehrfach auf die Wirtschaftlichkeit des Triebwagenverkehrs hingewiesen worden. Dabei wurde gezeigt, daß trotz der Batterieverluste die reinen Betriebkosten der Speichertriebwagen, d. h. die Kosten für Kohlen 0,65 kg/PS_eh, nur etwa ein Drittel von den Betriebskosten der Dampflokomotiven auf den Nebenbahnen betragen. Die Gesamtkosten des Speicherwagenbetriebes unterscheiden sich allerdings wieder mehr zugunsten der Dampflokomotive, wenn man die Aufwendung für die Erhaltung und Verzinsung des Kraftwerkes berücksichtigt. Man kommt dann, wie gezeigt, zu dem Schlusse, daß die Stromkosten 0,15 ℳ/kWh nicht übersteigen dürfen, wenn anders der Betrieb mit Speichertriebwagen überhaupt noch wirtschaftlich sein soll.

[4]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1005.

Abb. 11 bis 13. Triebwagen der Deutschen Reichsbahn.

Während bisher die Speichertriebwagen vorwiegend für den Verkehr auf Neben- und Kleinbahnstrecken in Betracht kamen, ist jetzt die Deutsche Reichsbahn dazu übergegangen, Versuche mit Triebwagen, Abb. 11 bis 13, über größere Entfernungen auszuführen. Der größte dabei bisher ohne Zwischenladung zurückgelegte Weg beträgt 400 km bei etwa 50 km/h mittlerer Fahrgeschwindigkeit (Aufenthalte nicht eingerechnet). Diese Versuchsfahrten haben eine große grundsätzliche Bedeutung. Der Triebwagen mit über 300 km Fahrbereich bietet bei der Fahrplangestaltung keinerlei Schwierigkeiten und er ist ebenso freizügig wie Triebwagen anderer Bauarten. Ferner aber ist es möglich, die Batterie eines solchen Triebwagens nachts aufzuladen, dazu also billigen Nachtstrom zu verwenden, der sicher unterhalb der obengenannten Preisgrenze bleiben wird.

Zahlentafel 1 gibt Auskunft über die Anzahl und bemerkenswertesten Eigenschaften der bei der Deutschen Reichsbahn eingestellten Speichertriebwagen.

Zahlentafel 1. Anzahl und Hauptkennzahlen der Speichertriebwagen der deutschen Reichsbahn.

Zweiteilige Wagen — Anordnung der Plätze

Sitzplätze 2. Kl.	Sitzplätze 3. Kl.	Sitzplätze 4. Kl.	Stehplätze	ges. Platzzahl	Wagenzahl
8	31	54	8	101	28
	b. 38				„
—	46	54	8	108	97
16	74	—	8	98	1
—	100	—	8	108	13
				zusammen	139

Dreiteilige Wagen — Anordnung der Plätze

Sitzplätze 2. Kl.	Sitzplätze 3. Kl.	Sitzplätze 4. Kl.	Stehplätze	ges. Platzzahl	Wagenzahl
16	38	104	8	166	2
—	46	113	8	167	2
16	38	48	8	110	4
				zusammen	8

Speicher.

Fahrbereich in km für zweiteilige Wagen	Fahrbereich in km für dreiteilige Wagen	Bauart der positiven Platten	Zellenzahl	Kapazität Ah	Entladestrom bei zweistündiger Entladung A	Gewicht t
130	—	Großobfl.	168	443	221	20
165	—	Masseplatt.	168	550	275	19,5
180	110	Großobfl.	168	562	281	25,5
250	180	Masseplatt.	168	790	395	23,5

Fahrmotoren für zwei- und dreiteilige Wagen:

Zahl	Stundenleistung	Dauerleistung	Gewicht
2	60 bis 66 kW	22 bis 40 kW	1600 bis 1700 kg

Größter Achsdruck: 13 000 kg.

Dienstgewicht:

	zweiteilige	dreiteilige Wagen
unbesetzt	60 000 kg	84 000 kg
besetzt	70 000 kg	95 000 kg

Zulässige Geschwindigkeit: 60 km/h

Bremse: Hand- und Luftdruckbremse, teilweise elektrische Kurzschlußbremse.

Heizung: durch Holzkohlenbriketts,

Beleuchtung: elektrisch.

Die Versuchsfahrten wurden auf folgenden Strecken ausgeführt:

a) am 11. September 1924 auf der Strecke Berlin-Hannover-Hildesheim. Das Wetter war bei dieser Fahrt trocken, jedoch herrschte etwas Gegenwind;

b) am 22. Oktober 1924 auf der Strecke Grunewald—Schneidemühl—Kreuz—Schneidemühl—Usch—Schneidemühl (Meßfahrt) bei feuchter Witterung, zum Teil leichtem Regen.

Die Ergebnisse dieser beiden Fahrten sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt.

Zahlentafel 2. Ergebnisse der Versuchsfahrten.

		a	b
Gesamtgewicht einschl. Besetzung	t	68,3	68,5
Zurückgelegter Weg	km	288	400
Energieverbrauch	kWh	334	391
„	kWh/km	1,16	0,98
„	kWh/tkm	17	14,5
Entladezeit	min	297	315,2
Reine Fahrzeit	„	341	484
Mittlere Spannung	V	311	311
Säuredichte vor der Fahrt (spez. Gewicht)		1,22	1,22
„ nach der Fahrt (spez. Gewicht)		1,10	1,11
Säuretemperatur vor der Fahrt	°C	27	20
„ nach „ „	„	28,5	20

(M 210) Dr. Gs.

Gleitlager, Bauart Isothermos, für Eisenbahnwagen.

Gute Rollen- oder Kugellager können nur von erstklassigen Werken hergestellt und eingebaut werden. Ihre Unterhaltung verlangt ein sehr geschultes Personal und vorzügliche Werkstatteinrichtungen. Anders ist es bei den Gleitlagern. Hier ist die Unterhaltung wesentlich einfacher. Jedoch wird hier auch viel zu tun sein, um ihre Herstellung auf eine ebenso hohe Stufe zu bringen wie die der Kugel- und Rollenlager.

Was zunächst die Reibungsfrage angeht, so ist es eigentlich eine selbstverständliche Forderung, daß das Gleitlager ein Schwimmlager sein müßte, da nur Öl in Öl, aber nicht Metall auf Metall reiben darf. Dieser Forderung kann nur durch geringeren Flächendruck entsprochen werden.

Eine weitere selbstverständliche Forderung ist, daß die Achslager staub- und öldicht abgeschlossen sein müssen, auch hieran mangelt es bei den üblichen Eisenbahn-Gleitlagern. Der eindringende Staub verunreinigt das Öl, das seine Schmierfähigkeit stark verliert. Staub und Öl gemischt, wirken schmirgelnd zwischen Schenkeln und Lagerschale sowie am Staubring und verkürzen stark die Lebensdauer dieser Teile. Man muß verlangen, daß die Schmierung möglichst lange, am besten von einer Wagenprüfung bis zur andern, vorhält, und daß diese Schmierung nur von sachverständigen Arbeitern in der Werkstätte vorgenommen wird, da bei der jetzigen Art der Schmierung, die meist in Hast kurz vor Zugabfahrt, vor sich geht, durch Unachtsamkeit des Personals ein starker Ölverlust entsteht. Auch die jetzt üblichen Schmierkissen bedürfen vieler Aufmerksamkeit und Pflege, um ihre Zwecke zu erfüllen. Das oft nach kurzer Zeit eintretende Verharzen der Dochte stellt ihre Saugfähigkeit und damit die Wirkung der Schmierkissen in Frage. Wenn also die Schmierkissen und die Schmierkissengestelle durch andre widerstandfähigere Mittel ersetzt werden könnten, wären große Vorteile zu erreichen. Diese Forderungen beschäftigen zur Zeit unsere Achsenkonstrukteure sehr, und es steht zu hoffen, daß das Ziel erreicht werden wird.

Auf der französischen Nordbahn habe ich Tender und D-Zugwagen mit einer Achsbüchse, Bauart Isothermos[1]), Abb. 14 bis 16, ausgerüstet gefunden, die die vorangestellten Forderungen nahezu restlos erfüllt. Sie besteht aus folgenden Teilen: 1. dem

[1]) Gebaut vom Eisen- und Stahlwerk Walter Peyinghaus, Egge bei Volmarstein a. d. Ruhr.

Achsbüchsgehäuse, 2. der Schleuder, 3. der Lagerschale, 4. dem Ölfangring und 5. dem Staubring. Die vordere große Öffnung des aus Gußeisen oder Stahl bestehenden Achsbüchsgehäuses wird durch einen aufgepaßten Deckel *a* mittels Dichtungen durch sechs mit Splint gesicherte Schrauben fest und staubdicht verschlossen. Ein seitlicher Schraubenverschluß (Öltülle) gestattet das Füllen mit Öl und die sichere Einstellung des Ölstandes. Der Achsbüchsboden ist in mehrere miteinander verbundene Kammern *b* geteilt, in denen das vom Achsschenkel ablaufende und abtropfende Öl zur Ruhe gelangt. Auch hat die Unterteilung in Kammern den Zweck, das Öl kühl zu halten. Die schräge Fläche *c* verhindert, daß das Öl durch die während der Fahrt auftretenden heftigen Stöße und durch die Schwingstellung des Fahrzeugs beim Befahren von Krümmungen nach hinten getrieben wird, sie führt infolge ihrer Neigung das von dem Ölfangring zurückgeschleuderte Öl den Kammern *b* wieder zu. Die in die Achsbüchse eingegossenen Rillen *e* sollen jeglichen Ölabfluß nach der Achsmitte verhindern. Die ebenfalls eingegossenen Rillen *d* führen das geschleuderte Öl auf die Auskragung und von hier in die Ölkanäle der Lagerschale *f*. In die an der Achsbüchse angegossene Staubringtasche *l* wird der Staubring *o* eingebracht.

Die aus einem Stück geschmiedete Schleuder *g* ist an beiden Enden zweimal im spitzen Winkel gebogen, damit das mitgenommene Öl der über den Achsbund gehenden Vorkragung der Lagerschale zugeführt wird. Die Ölschmierung paßt sich der Fahrgeschwindigkeit an und wirkt sich aus als Tropfen-, Faden- oder Schleuderschmierung. Um unter allen Umständen auch bei sehr langsamer Fahrt eine reichliche Ölung zu gewährleisten, ist in der Schleuder *g* ein Loch *p* angebracht. Die Schleuder *g* ist mittels zweier gesicherter Schrauben auf dem Achsbunde befestigt.

Die Schleuder hat von der Rinne bei *p* bis nach außen einen gleichschenklig dreieckigen Querschnitt, so daß die beiderseits gebildeten Schneiden das Öl messerförmig durchschneiden und bei großen Geschwindigkeiten nicht aufwühlen. Die äußeren Enden des Schleuderstabes tauchen bei jeder Umdrehung etwa 2 bis 4 cm in das Öl ein. Die Lagerschale *f* kragt vorne über den Achsbund vor, um das aus der Rinne bei *p* oder den Rillen *d* kommende Öl in den Kanälen *k* aufzufangen, von wo es durch Nuten *i* dem Schenkel zugeführt wird.

Der aus Stahl hergestellte Ölfangring *m*, der auf dem Notlauf warm aufgeschrumpft ist, verhindert den Abfluß des durch die Schleuderkraft vom Achsschenkel abgeschleuderten Öles nach hinten. Das Öl wird infolge des Ringquerschnittes gegen die Achsbüchswand geschleudert und fließt von dort dem Ölbade zu. Um bei der allergrößten Geschwindigkeit unter allen Umständen das Abfließen des Öles von der Außenfläche des Ölfangringes nach hinten zu verhindern, ist der Ring außen mit Rillen versehen.

Der Staubring *o* besteht aus zwei ineinandergreifenden Teilen, die, aus Leder und Kupfer mit einer Dochteinlage bestehend, je die Achse halbkreisförmig umfassen. Sie werden durch Blattfedern leicht an diese gedrückt, um Staubeintritt zu verhindern.

Die Besichtigung der Achsbüchse eines Tenders, der soeben ohne Aufenthalt die Strecke Brüssel-Paris durchlaufen hatte, ergab keine Spur von Ölaustritt an der Staubtasche. Die Achsbüchsen waren innen und außen vollkommen trocken. Die Prüfung von Achsbüchsen unter einem D-Zugwagen der Eisenbahngesellschaft „Nord" ergab folgendes: Der Wagen hatte bereits 150 000 km zurückgelegt. Das eine Drehgestell war mit vier Achsbüchsen der Bauart Isothermos, das andere Drehgestell mit der gewöhnlichen zweiteiligen Nordbahn-Achsbüchse ausgerüstet. Das Öl in den Achsbüchsen der Bauart Isothermos war, wie sich durch Befühlen feststellen ließ, vollkommen rein und ohne jede Spur von Verunreinigung. Nach Aussage des Betriebsleiters hatten die vier Achsbüchsen, Bauart Isothermos, noch ihre alte Füllung, während die andern des öfteren wieder gefüllt werden mußten.

Es liegen ferner Versuche von verschiedenen Bahnen vor. So haben beispielsweise zwei Speisewagen, die während zweier Jahre 100 000 km zurückgelegt haben, nur 600 g Öl verbraucht. Güterwagen laufen von einer Untersuchung zur andern, ohne daß sie mit Öl gefüllt werden müssen. Wenn man erwägt, daß auf 1000 Wagenachskilometer der Ölverbrauch etwa 400 g beträgt, so wird sich bei Einführung der Isothermos-Achsbüchse eine große Ölersparnis ergeben, die es für wünschenswert erscheinen läßt, daß man der Prüfung dieser Achsbüchse und der Frage ihrer Einführung auch in Deutschland näher tritt. Außerdem ergeben sich wirtschaftliche Vorteile durch die Vermeidung der Schmierkissen und Wegfall der Bedienung während der Laufzeit.

[M 118] Halfmann.

Abb. 14 bis 16. Isothermos-Achsbüchse.

a Gehäusedeckel *b* Kammern auf dem Achsbüchsboden *c* schräge Fläche am Achsbüchsboden *d* eingegossene Rillen *e* Rillen zum Verhindern des Oelabflusses *f* Lagerschale *g* Schleuder *i* Oelnuten *k* Oelkanal *l* Staubringtasche *m* Oelfangring *o* Staubring *p* Bohrung in der Schleuder.

Elektrotechnik.

Neuer Hochleistungs-Ölschalter.

Die Konstruktion von explosionssicheren Ölschaltern für große Leistungen ist für die Elektrowirtschaft überaus wichtig. Als Ursache der Explosionen dürfte das Gemisch von Schaltgasen mit der über dem Ölspiegel befindlichen Luft bezeichnet werden. Die bekannt gewordenen Schalterexplosionen von neuesten Hochleistungsschaltern sind nicht etwa durch die Wirkung einer Schaltleistung bei Überspannung erfolgt, sondern lediglich durch Zündung der zwischen Ölspiegel und Schalterdeckel angesammelten Schaltgase. Es ist wichtig, festzustellen, daß diese Explosionen bei Betriebspannung eingetreten sind und meist einige Sekunden oder gar Minuten nach dem Abschaltvorgang vor sich gingen. Um nun eine derartige Explosion zu vermeiden, ist ein Haupterfordernis, daß der freie Luftraum zwischen dem Ölspiegel und dem Schalterdeckel, wo sich Sauerstoff und Ölschaltgase zu einem explosiblen Gas vermischen, vollständig vermieden wird; denn das Gasgemisch kann sehr leicht beim nächsten Schaltvorgang durch aufsteigende heiße Schaltgase oder herumspritzende heiße Metallteile entzündet werden.

Von diesem Gedanken ausgehend, hat die Emag, Elektrizitäts-A.-G., Frankfurt a. M., ihren neuen Hochleistungsschalter gestaltet. Wie aus Abb. 17 ersichtlich, ist der starke Ölkastendeckel nach unten gewölbt, so daß der Ölspiegel wohl unterhalb der Stoßfugen des oberen Schalterdeckels aber oberhalb des starkwandigen unteren Deckels liegt. Das sich beim Schaltvorgang ausdehnende Öl und die emporsteigenden Gasblasen treten durch ein in der Mitte des unteren Deckels angebrachtes Ventil und gelangen so in den oberen, durch einen zweiten Deckel vor der äußeren Luft abgeschlossenen Raum. Aus diesem Raum werden die Schaltgase mittels Lüfters ins Freie abgesogen.

Neben diesen wesentlichen Merkmalen des neuen Hochleistungs-Ölschalters ist außerdem noch Wert darauf gelegt, daß der Abschaltfunken in einer besonderen Schaltkammer unterbrochen wird, daß ferner die Gasblasen zwecks stärkster Kühlung

Abb. 15 und 16. Lagerschale.

Abb. 17. Ausbildung eines explosionssicheren Schalters für hohe Leistung, starkwandiger Abschluß des Ölraumes unterhalb des Ölspiegels, Kontakte tief unter Öl.

durch eine besondere Vorrichtung verteilt werden und daß die Ausschaltgeschwindigkeit im Augenblick der Funkenbildung möglichst groß ist. Die massig ausgebildeten Kontakte des Schalters sowie alle spannungsführenden Teile liegen tief unter Öl; der Abschaltfunken steht somit unter einem möglichst hohen Öldruck.

[M 207]

Metalle und Legierungen.

Mir wird mitgeteilt, daß mein Beitrag zur Chronik 1924 in Z. Bd. 69 (1925) S. 48 „Metalle und Legierungen" vielfach mißverstanden wird. Ich sprach dort von einer Gruppe von Legierungen, die Nickel oder Eisen als Hauptbestandteil, Kobalt, Chrom, Molybdän oder Wolfram als Zusatz enthalten. Ich sprach ferner von einem Verfahren zur Herstellung solcher Legierungen durch Eindiffundierenlassen und fuhr dann fort: Neuere Legierungen dieser Art sind der Caedit, Celsit und Akrit. Ich möchte, um gelegentlichen Mißverständnissen zu begegnen, betonen, daß die Worte „Neuere Legierungen dieser Art sind" sich beziehen auf die oben genannte Gruppe von Legierungen, aber nicht auf das Eindiffundierenlassen. Bei der normalen Herstellungsweise von Caedit, Celsit und Akrit kommt dieses Diffusionsverfahren nicht in Betracht. [N 338] Guertler.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Die Theorie der Wasserturbinen. Ein kurzes Lehrbuch von Rudolf Escher †. 3. verm. und verb. Aufl. Herausg. von Robert Dubs. Berlin 1924, Julius Springer. XIV u. 356 S. m. 364 Textabb. u. 1 Taf. Preis geb. Gm. 13.50.

Das Eschersche Lehrbuch erfreut sich seit seinem Bestehen großer Wertschätzung, namentlich bei den Studierenden des Turbinenbaues, die Belehrung in theoretischen Fragen suchen. Der in viele Abschnitte unterteilte Stoff wird meisterhaft aufgebaut und anschaulich dargestellt. Die dritte Auflage ist gegen die zweite zwar wenig geändert, trotzdem konnte die jüngste Entwicklung des Turbinenbaues in den neuen Kapiteln über Propeller- und Kaplanturbinen beleuchtet werden. Einige andre Abschnitte sind ebenfalls erweitert worden, so der über Regler und über die Drucksteigerung in Rohrleitungen.

Einige kleine Unstimmigkeiten, die den Anfänger stören könnten, sollen hier erwähnt werden. Auf S. 141 letzte Zeile und S. 144 Mitte sind die Beiwerte von $\frac{c^2}{2\,g}$ bzw. $\frac{w_0^2}{2\,g}$ ins Quadrat zu erheben. Auf S. 185 enthält die Differentialgleichung für dp einen aus der früheren Auflage übernommenen Druckfehler. Es muß heißen

$$dp = \frac{a^2\,\gamma}{g\,r^3}\,dr$$

Die Lösung, Gl. 189, lautet dann einfach: $c_m = \text{konst.}$ Die Bezeichnung der beiden verschiedenen Begriffe „Beschleunigung" und „Flächendruck" durch denselben Buchstaben p kann Irrtümer veranlassen.

Der Wert des Buches wird durch diese kleinen, leicht zu beseitigenden Mängel nicht beeinträchtigt. Die interessierten Fachkreise werden es dankbar begrüßen, daß ein Mann von der Erfahrung des Oberingenieurs Dubs es unternommen hat, das verdienstvolle Werk seines früheren Lehrers weiter zu führen.

[E 289] Wagenbach.

Die Ventilatoren. Berechnung, Entwurf und Anwendung. Von E. Wiesmann. Berlin 1924, Julius Springer. 196 S. m. 135 Abb. Preis Gm. 10,50.

Der verdienstvolle Verfasser des Buches „Künstliche Lüftung im Stollen- und Tunnelbau" hat es unternommen, ein Buch über Ventilatoren zu schreiben. Die Ausführung kann, um gleich ein Gesamturteil zu äußern, nicht als sonderlich geglückt bezeichnet werden. Das Buch umfaßt zwei Teile; im ersten Teil behandelt der Verfasser die einschlägigen thermodynamischen Grundlagen und die Messungen von Luftdruck und Luftmengen; der zweite Teil umfaßt die Theorie und Berechnung von Schleuder- und Schraubenventilatoren einschließlich mehrstufiger Kreiselgebläse, sowie ausgeführte Ventilatoranlagen aus verschiedenen Anwendungsgebieten. Da Antrieb, Regelung und Einbau von Ventilatoren nicht einmal gestreift sind, so wendet sich der Verfasser anscheinend lediglich an die Hersteller dieser Maschinengattung. Die fühlbare Lücke, die auf diesem Gebiet der technischen Literatur unbedingt besteht, vermag jedoch ein Buch, das auf insgesamt 75 Seiten das Gesamtgebiet der Theorie, Berechnung und Bauformen der ein- und mehrstufigen Kreiselgebläse behandelt, unmöglich auszufüllen. Der Fachmann findet bezüglich Inhalt und Darstellung kaum irgend etwas, das er nicht in anderen Büchern ebensogut findet, vermißt jedoch wichtige Kapitel, wie z. B. eine grundsätzliche Einteilung der verschiedenen Bauformen mit zugehörigen Charakteristiken und Festigkeitsrechnungen.

[E 293] Berlowitz.

Kohle — Koks — Teer. Band 1: Brennstaub, Aufbereitung und Verfeuerung. Von A. B. Helbig. Halle 1924, Wilhelm Knapp. 160 S. m. 130 Abb. Preis geh. Gm. 6.50, geb. Gm. 7,50.

Über Kohlenstaubfeuerung ist viel geschrieben worden, und das, worauf es m. E. in erster Linie ankommt, findet man leider auch nicht in der vorliegenden Arbeit, wenn man von den mitgeteilten beachtenswerten Erfahrungen des Verfassers in der ihm heimischen Zementindustrie absieht. Grundsätzlich wird man den in der Natur vorkommenden Brennstoff zu verwerten trachten, wie er anfällt. Da, wo ein Sonderrost die minderwertige Abfallkohle ohne die teuren Mahlkosten mit zufriedenstellendem Wirkungsgrad verfeuern kann, wird man von einer Staubfeuerung absehen. Aber die hat noch einen zweiten, sehr scharfen Wettbewerb in der Vergasung. Sandige Braunkohle wird durch Vermahlen nicht veredelt (man findet häufig diesen Ausdruck!), wohl aber durch die Vergasung zu einem für den Martinofenbetrieb geeigneten Gas umgewandelt, für den die Kohlenstaubfeuerung sich das Feld bisher nicht hat erobern können. Der Schrift fehlt die scharfe Abgrenzung für das Anwendungsgebiet der Staubfeuerung, das sich aus ihren Vorteilen und Nachteilen ergibt. Es genügt nicht, Urteile von andern Sachverständigen über zulässige Grenzen der Verbrennungstemperaturen abzudrucken, um daraus ein Baugerüst für die „verlustlose" Brennkammer des Verfassers zu errichten; vielmehr wäre es von Wichtigkeit, über diese verschieden beurteilte Neuerung, die doch zunächst nur eine „Fiktion" ist, Ergebnisse zu erfahren. Wenn es auf Seite 120 heißt: „Die Brennstaubtechnik ist heute so weit, daß jede der bestehenden Brennkammern bei Einstellung der Brennstaubfeuerung auf die höchste Leistungsfähigkeit in ganz kurzer Zeit weggeschmolzen ist", so ist das nicht ganz richtig. So weit war sie schon 1895, als die Mahltechnik noch nicht den heutigen Höhepunkt erreicht hatte. Ich machte damals — also 20 Jahre vor dem Verfasser — die ersten Versuche bei Richard Schwartzkopff mit einem Zweiflammrohrkessel, dessen Wandungen durch ein Schamottefutter geschützt waren, und konnte bei diesen Versuchen auch schon bis an den theoretischen Luftüberschuß herankommen.

Die verlustlose Brennkammer stellt kein Allheilmittel dar; denn auch sie versagt, wenn man zu blasen aufhört, so beim Kuppelofen, bei dem der Schlackenfluß die feinen Luftkanäle der „Delbag-Steine" für immer abschließt.

Der Verfasser teilt den behandelten Stoff in drei Abschnitte ein, von denen der erste die geschichtliche Entwicklung, die wirtschaftlichen Bedingungen, die Vorteile und die Entwicklung der Brennstaubfeuerung enthält. Hiervon konnten die Teile über die Entwicklung ganz gut zusammengelegt werden. Der zweite Abschnitt umfaßt die Brennstoffaufbereitung mit 12 Unterteilungen, darunter „die Tieftemperaturverkokung". Die auf S. 70 angeführte Erwähnung, daß die Nachfrage nach Halbkoks wesentlich größer als das Angebot ist, ist ein großer Irrtum. Es fehlt an der Absatzmöglichkeit der Halbkoks zu einem die durchgesetzte Kohle deckenden Preis. Außerdem müssen wir uns doch vergegenwärtigen, daß die ganze Verschwelung daran krankt, daß es nicht gelingt, feste, transportfähige Halbkoks zu erzeugen. Es scheint demnach die Behauptung, daß Halbkoks unbedingt als das beste und billigste Ausgangsgut für die Brennstaubherstellung anzusprechen sind, wesentlich eingeschränkt werden zu müssen.

Der dritte Abschnitt enthält die Anwendung der Brennstaubfeuerung, nach amerikanischen Quellen zusammengestellt. Bei dem Kapitel „Stoß- und Rollöfen" heißt es auf S. 134: „Die Kohlenersparnis gegenüber Handfeuerung und Generatorgasfeuerung ist sehr beträchtlich; da die Stocharbeit wegfällt und keine Entschlackungspausen notwendig werden, ist der Betrieb viel gleichmäßiger." Hier darf doch nicht Hand- und Gasfeuerung in einem Atemzuge genannt werden. [E 230] de Grahl.

Wärme und Wärmewirtschaft der Kraft- und Feuerungsanlagen in der Industrie. Von Tafel. München 1924, R. Oldenbourg. 363 S. mit 123 Abb. u. 2 Zahlentafeln. Preis Gm. 9,50, geb. Gm. 11.

Dieses begrüßenswerte Buch umfaßt für den Betriebsmann, vor allem für den Hüttenmann, das, was er über die Erzeugung von mechanischer Energie und die Umsetzung von Wärme bei den Feuerungen unbedingt wissen muß. Der erste Teil ist mehr oder weniger das, was als Maschinenkunde für den Betriebsingenieur in Frage kommt, während der zweite Teil eine grundlegende, von dem bisher Bekannten abweichende Darstellung der Feuerungskunde gibt. Obwohl die Darlegungen notwendigerweise in ganz besonderem Umfang durch theoretische Erwägungen begründet werden, weil nur eine derartig grundlegende Betrachtung die notwendige kritische Beurteilung ermöglicht, vermeidet der Ver-

fasser schwer verständliche theoretische Auseinandersetzungen und versucht in erster Linie die praktische Nutzanwendung der einzelnen Schlüsse zu zeigen. Selbst wenn man einzelnen Ausführungen oder einzelnen Schlußfolgerungen nicht ganz zustimmen kann und auch an manchen Stellen Unstimmigkeiten und Ungenauigkeiten feststellbar sind, muß man das vorliegende Werk als grundlegend bezeichnen, das uns bereits seit langem fehlte, und dem eine möglichst umfassende Anwendung in der Praxis zu wünschen ist. [E 1012] Fr.

„Hütte", Taschenbuch für Betriebsingenieure. Herausg. vom Akademischen Verein „Hütte" e. V. und Dr.-Ing. A. Stauch unter Mitwirkung der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure im V. d. I. 2. Aufl. Berlin 1924, Wilhelm Ernst & Sohn. 1273 S. m. 1440 Abb. Preis geb. Gm. 19,50.

Daß die stattliche erste Auflage der „Betriebshütte" schon nach 8 Wochen vergriffen war, besagt für ihren Wert und die Nachfrage in Betriebskreisen genug. Nachdem jetzt die zweite Auflage in ziemlich unveränderter Form erschienen ist, erübrigt es sich, zumal die erste Auflage in allen wissenschaftlichen Fachzeitschriften von berufener Seite eingehend besprochen worden ist, das Gebotene nochmals zu würdigen und auf den trefflich ausgewählten und gegliederten Inhalt ausführlich einzugehen.

Bei der Fülle des Stoffs könnten aber Wiederholungen aus der wohlbekannten „Hütte" vermieden und das Kapitel „Festigkeitslehre" wesentlich gekürzt werden; im Kapitel „Sozialpolitik" erübrigen sich die ausführlichen Abschnitte I bis VI (Arbeitsrecht) über das Betriebsrätegesetz usw., die jeder Betriebsmann im Wortlaut mit Kommentar zur Hand haben muß.

Dagegen wäre im Kapitel „Fabrikorganisation" ein Abschnitt über Kosten der Krafterzeugung sehr erwünscht, eine vergleichende Übersicht der Erzeugungskosten einer Kilowattstunde in mittleren eigenen Kraftwerken (bis zu 1000 PS) mit Dampfmaschinen, Dieselmotoren oder Dampfturbinen, und eine kritische Würdigung der für verschieden große Leistungen zweckmäßigsten Betriebsart.

Vom allgemeinen Standpunkt und vom Standpunkt der wirtschaftlichen Fertigung bietet die Betriebshütte in vorliegender Form fast eine Überfülle von Stoff in einem stattlichen Bande. Und doch wäre eine wesentliche Erweiterung überaus wünschenswert. Für das umfangreiche Gebiet des Kraftbetriebes und seiner Kontrolle fehlen Abschnitte, worin vom rein betriebstechnischen Standpunkt alles Wesentliche über die Eigenart und die für den Betrieb maßgebenden Eigenschaften der Krafterzeuger (Dampfkessel, Dampf- und Gasmaschine, Dieselmotor, Dampf- und Wasserturbine sowie elektrischer Kraftbetrieb) gesagt sein müßte, mit parallellaufenden ausführlichen Angaben über die jeweils erforderlichen Betriebsuntersuchungen. Der Starkstromtechnik wäre dabei ohne unnötige theoretische Ausführungen zweckmäßig etwas mehr Raum zu widmen, damit sich besonders ältere Nichtelektriker über alle Neuerungen des Drehstrombetriebes unterrichten können.

Über Transmissionen usw. brauchte man wenigstens eine ausführliche Zusammenfassung aller für den Betrieb in Betracht kommenden Tafeln, die man in der „Hütte", im „Uhland" und den vielen Kalendern und Taschenbüchern findet.

Eine in diesem Sinn erweiterte „Betriebshütte" würde der Werkleitung wie dem Betriebsingenieur dann das werden, was dem Ingenieur bisher die „Hütte" auf ihrem Gebiete war und bleiben wird: das unentbehrliche Handbuch für den täglichen Gebrauch, das auf jede Frage eine kurze, aber erschöpfende Antwort gibt. Auf den ersten Wurf läßt sich dieses Ziel — das zeigt die Entwicklung der „Hütte" ja am deutlichsten — natürlich nicht erreichen, sondern erst nach jahrelanger Gemeinschaftsarbeit.

Die Ausstattung der „Betriebshütte" entspricht der Nachkriegsausstattung der „Hütte"; baldige Wiedereinführung des altgewohnten Ledereinbandes oder — für die „Betriebshütte" wenigstens — eines kräftigen dunkelfarbigen Leineneinbandes sei angeregt. [E 255] Dipl.-Ing. Florian.

Über die Eingliederung der Normungsarbeit in die Organisation einer Maschinenfabrik. Von Dipl.-Ing. Fr. Meyenberg. Berlin 1924, Julius Springer. 67 S. Preis Gm. 3,30.

Nach einem kurzen Überblick über die Arbeiten des NDI und ihre Bedeutung untersucht der Verfasser die Frage, an welchen Stellen eines Unternehmens der Normungsgedanke von Bedeutung ist, indem er den Aufbau eines Unternehmens der Maschinenindustrie schildert, wie er sein sollte, und dabei feststellt, welcher Einfluß dem Normungsgedanken an jeder Stelle einzuräumen ist. Die Normung hat nicht nur in Konstruktion, Fertigungsvorbereitung und Betrieb ihren berechtigten Platz, sondern auch auf der kaufmännischen Seite des Unternehmens, nämlich Geldwesen, Handel, Materialgebarung und Verwaltung. Daraus ergibt sich die Eingliederung der Normungsarbeit in die Organisation. Zur Überwindung der sachlichen und persönlichen Widerstände, die sich der Durchführung der Normung entgegenstellen, werden vom Normeningenieur ganz besondere Eigenschaften verlangt. Ihm muß aber auch die Stellung eingeräumt werden, die ihm ausreichenden Einfluß nach allen Seiten verbürgt. Der Normeningenieur soll als Oberbeamter neben den Leitern der Konstruktion, der Fertigung und des Betriebes stehen und unmittelbar der Direktion unterstellt sein. Am Schluß deutet der Verfasser noch die Aufgaben an, die sich für das Normenbureau in Zusammenarbeit mit dem Organisator des Werkes — sei es ein Werkangehöriger oder ein Berufsorganisator — ergeben, und wie das Normensammelwerk über den Wechsel der Personen hinaus zum Träger der Überlieferung des Unternehmens wird.

Das Buch zeigt also den mit der Durchführung der Normung Beauftragten ihre Aufgaben und den verantwortlichen Leitern unsrer industriellen Werke die Stelle, an der die Normung in den Betrieb einzuordnen ist. [E 247] Gramenz.

Der Wasserbau. 3. Teil des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften. 7. Bd. Landwirtschaftlicher Wasserbau, Fischereilicher Wasserbau, Dünenbau und Seedeiche. Von Paul Gerhardt †, Wirkl. Geh. Oberbaurat in Berlin, ordentl. Mitglied der Akademie des Bauwesens. 5. Aufl. Leipzig 1924, Wilhelm Engelmann. 655 S. m. 670 Abb. Preis geh. Gm. 31, geb. Gm. 34.

Gegenüber der 4. Auflage ist der Stoff zum großen Teil neu geordnet und den erheblichen Fortschritten und Verbesserungen auf vielen Gebieten angepaßt worden. So ist besonders die Beregnung von Ackerland und die Moorkultur entsprechend ihrer steigenden Bedeutung stärker zur Geltung gebracht. Neu, wenigstens in dieser Zusammenfassung, ist der Hauptabschnitt „Fischereilicher Wasserbau".

Der erste Hauptabschnitt behandelt kurz die Wasserwirtschaft im Hinblick auf die Landeskultur, natürliche und künstlicke Vorflut, Trockenlegung durch Anpflanzung und Versenkung, offene Gräben und Dränungen sowie Stauvorrichtungen darin, Bewässerungen von Wiesen und Äckern, auch mit Abwässern, Auflandungen, Heidekulturen, Entstehen und Eigenschaften der Moore und ihre Kultur sowie die Bedeichung der Flußniederungen. Der zweite Hauptabschnitt bringt das wichtigste aus der Biologie der Fische, dann die Einwirkung der Flußregelungen auf die Fischerei, die künstlichen Fischwege und die Fischteiche. Der dritte Hauptabschnitt gibt Aufschluß über die Bildung der Dünen, den Bau der Vordünen und den Ausbau der Binnendünen. Der vierte Hauptabschnitt endlich behandelt die Deichreife der Watten, die Seedeiche und die Deichschleusen.

Der Umfang des Werkes ist gegen die 4. Auflage etwas herabgesetzt; an Gehalt hat es gewonnen. Paul Gerhardt hat seinem Fach ein Buch von hohem Rang geschenkt und sich darin ein Denkmal geschaffen. [E 217] R. Seifert.

Der Landstraßen- und Waldwegbau. Von Marchet. Wien, Carl Gerolds Sohn. 318 S. mit 207 Abb. und 7 Tafeln.

Das Werk bildet eine wesentlich erweiterte Neubearbeitung der Waldwegebaukunde des Verfassers, deren erster Band 1898 erschienen ist, und behandelt in vier Hauptteilen: 1. das Trassieren und die Projektverfassung, und zwar die Grundlagen der Entwürfe von Straßen; das Trassieren und das Ausarbeiten der Pläne, 2. die Bauausführung, Herstellung der Straßenunterbaues, Herstellung und Erhaltung des Straßenoberbaues, Herstellung der Bauwerke, 3. die Baubetriebführung und 4. die Wegenetzlegung. Der Verfasser wendet sich nicht nur an den Forstwirt, sondern auch an den Bautechniker, der im Landstraßenbau tätig ist, und will ihnen ein Hilfs- und Nachschlagebuch bieten. Als solches wird es seinen Zweck erfüllen können, wenn es auch hier und da über diesen Rahmen zuweilen zu ungunsten schneller Übersicht erheblich hinausgeht. Die Ausstattung des Buches verdient alles Lob. [E 256] Bu.

Zur Relativitätslehre. Gedanken eines Technikers. Von H. Zimmermann. Berlin 1924, Wilhelm Ernst & Sohn. 52 S. m. 6 Abb. Preis geh. Gm. 2,70.

Die vorliegende, von einem berühmten Ingenieur und Inhaber der Grashofdenkmünze dem Verein deutscher Ingenieure gewidmete Schrift setzt die Kenntnis der Grundbegriffe der Relativitätslehre voraus und könnte als eine scharfsinnige und exakte Plauderei über diese Begriffe bezeichnet werden. Manche Beziehungen wie die Transformationsgleichungen von Lorentz werden ausführlich mathematisch abgeleitet; andere, wie die von Kraft und Masse, werden historisch dargestellt; philosophische Betrachtungen über Wille, Ursache und Wirkung gehen daneben her. Im übrigen ist das Büchlein gerade wegen der präzisen Art der Beweisführung an der Hand von technischen Beispielen, die trotz ihrer Einfachheit für unsern in „gewöhnlicher", nicht „relativistischer" Mechanik geschulten Verstand doch nicht anschaulich zu machen sind, keine ganz kurzweilige Lektüre.

Bei aller Bescheidenheit und Zurückhaltung im Urteil polemisiert der Verfasser unverkennbar gegen manche Abschnitte in Einsteins populärer Darstellung der Relativitätslehre, die wir in dieser Zeitschrift seiner Zeit ausführlich besprochen haben (Z. 1918 S. 274), und auch gegen einige Grundbegriffe dieser Lehre. Am besten leuchten die Einwände gegen das Äquivalenztheorem, z. B. in seiner Anwendung auf die ganze Erde, ein, wovor Einstein, wie der Verfasser zitiert, selbst warnt. Die Schlüsse, die Zimmermann zieht, müßten in ihren äußersten Folgen die allgemeine Relativitätstheorie Einsteins erschüttern; an dieser Stelle geht daher der

Verfasser denn auch aus seiner Zurückhaltung heraus und verneint z. B. die Beweiskraft der Ablenkung von Lichtstrahlen durch die Sonne für die Relativitätslehre. Wie ich glaube, übersieht er dabei, daß die allgemeine Relativitätstheorie, angewandt auf die ganze Erdkugel, eine nur noch mathematisch, nicht mehr wie bei dem Beispiel vom „Mann im Kasten" ganz einfach sinnlich faßbare Form annimmt, deren Allgemeinheit ihr aber das verleiht, was Einstein die „Spürkraft" der Relativitätstheorie genannt hat, ähnlich wie der Begriff der Fernkräfte zwar allezeit unbegreiflich war, aber doch in der Mechanik und Elektrophysik zu bedeutenden und „wirklichen" Ergebnissen geführt hat.

[E 240] Max Jakob.

Schiffahrts-Jahrbuch 1925. Bearbeitet von L. Huckriede-Schulz. Hamburg 1925, Seedienst-Verlag. 1002 S. Preis geh. Gm. 20.

In einem Geleitwort sagt Dr. W. Cuno, daß nur durch Zusammenfassung der Kräfte die deutsche Handelsschiffahrt ihren Platz auf dem Weltmeer behaupten wird. Dieser Zusammenfassung dient das neue Jahrbuch in weitestgehendem Maße durch kurze einführende Aufsätze von Reedern, Seeleuten, Schiffbauern, Wirtschaftspolitikern, Rechtsgelehrten, Versicherungssachverständigen und umfassende Angaben von Anschriften und statistischem Stoff. Behandelt werden Seeschiffahrt, Schiffbau, Spedition, Binnenschiffahrt, Luftverkehr, Versicherung, Behörden und Berufsvertretungen. Auf dem Gebiete des Seeschiffbaues behandelt Dr. Wm. Scholz, Hamburg, Ölfeuerung und Dieselbetrieb in der Seeschiffahrt und Obering. S. Lavroff das Abwracken von Schiffen. Die Anschriften der Werften, ihrer Vorstand- und Aufsichtsratmitglieder, der Docks und Angaben über den Weltschiffbau füllen allein 30 Seiten. Auf dem Gebiete der Binnenschiffahrt werden von Dr. E. Ruck, Basel, und Geh. Ob.-Reg.-Rat Schumann, Berlin, rechtliche Fragen behandelt. Auch diesen Arbeiten folgt ein Teil über Auskünfte.

Über Einrichtung und Betrieb von Luftschifflinien berichtet Prof. Dr.-Ing. eh. Parseval, Berlin. Einen Überblick über die Lage der Deutschen Seeschiffahrt gibt ein Spitzenaufsatz von Dr.-Ing. eh. Ph. Heineken, wobei er die schwierige Lage der deutschen Reedereien beleuchtet. Mit seinem reichhaltigen Inhalt ist das Schiffahrts-Jahrbuch ein Nachschlagewerk für jedermann, der an dem Wirtschaftsleben des deutschen Volkes Anteil nimmt. [E 264]

Technisches Auskunftsbuch für die Jahre 1924/25. Von Hubert Joly. Auskunftsbuch-Verlag, Klein-Wittenberg. 30. Jahrg. 1337 u. XL S. Preis geb. Gm. 10.

Das bewährte Auskunftsbuch gibt in der neuen Auflage eine ziemlich vollständige Übersicht über die Gegenstände des industriellen Bedarfes und wird als Bezugsquellenverzeichnis gute Dienste leisten, wenn auch zuweilen auf einzelnen Gebieten bedeutende Firmen nicht aufgeführt sind. Die Preisangaben haben, wie auch im Vorwort zum Ausdruck gebracht wird, angesichts der heutigen Wirtschaftslage nur bedingten Wert, immerhin geben sie gute allgemeine Anhaltpunkte. Das Buch ist auch in dieser neuen Auflage zu empfehlen. [E 239]

Festschrift zum fünfjährigen Bestehen der Verwaltungsakademie Berlin. Herausg. von dem Verwaltungsdirektor, Regierungsrat Walter Pietsch. Berlin 1924, Selbstverlag der Akademie. 194 S. m. 1 Abb. Preis geh. Gm. 4.

Die Verwaltungsakademie, Berlin, die zwar nicht die älteste, aber wohl die größte Beamtenfachschule darstellt, hat zu ihrem fünfjährigen Bestehen einen durch zahlreiche Beiträge hervorragender Staatsbeamter ausgezeichneten Überblick über ihre bisherige Tätigkeit erscheinen lassen, der deutlich erkennen läßt, daß die Beamten-Hochschulbewegung sich trotz aller Schwierigkeiten der letzten Jahre durchgesetzt hat. Eine große Zahl von Hochschullehrern und höheren Staatsbeamten stehen den preußischen Beamtenhochschulen nicht nur in Berlin dauernd zur Verfügung, und eine Übersicht über die bisher gehaltenen Vorlesungen und Kurse zeigt, daß bei dem Streben nach Vertiefung der Bildung des Beamtentums auch die Technik nicht vergessen worden ist. Von den einzelnen auch für den Ingenieur durchaus beachtenswerten Beiträgen seien besonders hervorgehoben die Ausführungen der früheren Reichs- und Staatsminister Schiffer, Drews und Koeth über die Ziele der Verwaltungsakademie, Verwaltungsreform—Bildungsreform und über alten und neuen Beamtengeist und die Bemerkungen von Prof. Hötzsch über Auslandkunde, ein Erfordernis neuzeitlicher Beamtenbildung. Die Verwaltungsakademie hat ferner unlängst einen Vertrag mit der Deutschen Reichsbahn abgeschlossen, um die längere Zeit unterbrochenen eisenbahn-fachwissenschaftlichen Vorlesungen für Reichsbeamte wieder in Gang zu bringen. Hoffentlich entwickelt sich die deutsche Beamten-Hochschulbewegung auch weiterhin günstig. Die Festschrift wird ihr jedenfalls viel neue Freunde gewinnen können. [E 965] Prof. Dr. H. Großmann.

Gasmaschinen und Ölmaschinen. Von Alfred Kirschke. 3. Aufl. T. 2: Großgasmaschinen, Ölmaschinen (Dieselmaschinen u. Glühkopfmaschinen) u. Gasturbinen. Von Ernst Oehler. Berlin u. Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 144 S. m. 65 Abb. Preis Gm. 1,25. (Sammlung Göschen Bd. 651.)

Schnellaufende Dieselmaschinen. Von O. Föppl, H. Strombeck u. L. Ebermann. 3. erg. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 239 S. m. 148 Abb. u. 8 Taf. Preis Gm. 11,40.

Betriebstaschenbuch. Herausg .v. R. Horstmann u. K. Laudien. **Wie konstruiere ich ein Gußstück?** Bearb. von R. Saladin u. K. Laudien. Leipzig 1925, Max Jänecke. 58 S. m. 124 Abb. Preis Gm. 1,60.

Wahl, Projektierung und Betrieb von Kraftanlagen. Ein Hilfsbuch von Friedrich Barth. 4. umgearb. u. erw. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 525 S. m. 161 Abb. Preis Gm. 16.

Betriebstaschenbuch. Herausg. v. R. Horstmann u. K. Laudien. **Bauwirtschaftliche Bewertung und Betrieb von Hebezeugen.** Von Carl Ritter. Leipzig 1925, Max Jänecke. 196 S. m. 165 Abb. Preis Gm. 4,25.

Der Bau der Starrluftschiffe. Von Johannes Schwengler. Berlin 1925, Julius Springer. 99 S. m. 33 Abb. Preis Gm. 4,80.

Das Motorrad, sein Bau und seine Behandlung. Von C. Walther Vogelsang. 5. verb. u. verm. Aufl. Berlin-Charlottenburg 1925, C. J. E. Volckmann Nachf. 288 S. m. 149 Abb. u. 2 Taf. Preis Gm. 3. (Volckmanns Kraftfahrer-Bibliothek Bd. III.)

Hilfsbuch für die Elektrotechnik. Von Karl Strecker. 10. umgearb. Aufl. Starkstromausgabe. Berlin 1925, Julius Springer. 739 S. m. 560 Abb. Preis Gm. 13,50.

Über Kostenberechnung im Tiefbau unter besonderer Berücksichtigung größerer Erdarbeiten. Von Heinrich Eckert. Berlin 1925, Julius Springer. 120 S. m. 5 Abb. u. 96 Tab. Preis Gm. 6.

Die Ausbildung für den Beruf des akademischen Bauingenieurs. Bearb. v. Dipl.-Ing. Baer. Berlin 1925, VDI-Verlag. 15 S. Preis Gm. 0,60.

Fortschritte der Abwasserreinigung. Von K. Imhoff. Berlin 1925, Carl Heymanns. 112 S. m. 69 Abb. Preis Gm. 3,60.

Die Holzschliff-Fabrikation. Von Max Schubert. 3. verm. u. verb. Aufl. v. Fritz Hoyer. Berlin 1925, M. Krayn. 257 S. m. 103 Abb. Preis Gm. 12.

Neue Tabellen und Diagramme für Wasserdampf. Von Richard Mollier. 2. vollst. umgearb. u. erw. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 25 S. m. 2 Diagrammtaf. Preis Gm. 2,70.

Physik der graphischen Darstellungen. Von Felix Auerbach. 2. Aufl. Leipzig u. Berlin 1925, B. G. Teubner. 257 S. m. 1557 Abb. Preis Gm. 14.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 18. APRIL 1925 NR. 16

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 520.

Moritz Schröter †.

Die Fahnen auf den Zinnen der Technischen Hochschule München sanken auf Halbmast. Einer ihrer großen Männer war für immer geschieden. Geheimrat Moritz Schröter, Professor der theoretischen Maschinenlehre, wurde am 12. März im 75. Lebensjahre von seinem durch einen Schlaganfall hervorgerufenen Leiden durch einen sanften Tod erlöst. Auch für den Verein deutscher Ingenieure bedeutet der Heimgang Schröters einen schweren Verlust; schied doch mit ihm einer der Inhaber der Grashof-Denkmünze, unsrer höchsten Auszeichnung. Mit seinen Kollegen, mit seinen vielen, vielen Schülern von einst und jetzt wird die gesamte Ingenieurwelt die Nachricht vom Tode Schröters mit besonderer Anteilnahme empfinden. Mit ihm ist ein Mann von uns gegangen, der eine Zierde der Hochschule, ein geborener Lehrer und Erzieher, ein richtungweisender Ingenieur und ein stets hilfsbereiter, gütiger und bei all seinem innern Reichtum schlicht bescheidener Mensch war.

Schröters Tätigkeit an der Münchener Hochschule erstreckt sich über 45 Jahre. Sie fällt in eine Zeit, in der die Maschinentechnik einen Aufschwung sondergleichen genommen hat. Mit den Marksteinen dieser Entwicklung ist der Name Schröter unvergänglich verbunden. Ist er es doch gewesen, der den groß angelegten und planmäßig durchgeführten Maschinenversuch in die messende Technik eingeführt und zum eisernen Bestand der Ingenieurausbildung gemacht hat. Eine Würdigung seines Wirkens läßt sich nur im Zusammenhang mit der Entwicklungsgeschichte der Maschinentechnik in den letzten vier Jahrzehnten geben.

Seinem Vater, damals Mitarbeiter und Assistent Redtenbachers, verdankte der am 25. Februar 1851 zu Karlsruhe geborene älteste Sohn eine reiche Fülle glücklicher Anlagen. Der junge Moritz folgte mit seinen Geschwistern den Eltern nach Eßlingen, Stuttgart und Zürich. Am Eidgenössischen Polytechnikum wirkte Schröters Vater als Nachfolger von Reuleaux im Kreise von Clausius, Zeuner, Culmann, Bolley und andern Trägern bekannter Namen, die damals die Züricher Hochschule weltberühmt machten. Leider wurde er schon im Jahre 1867 im Alter von nur 54 Jahren durch Typhus seinem Wirkungskreis und seiner Familie entrissen und ließ den 16jährigen Sohn, der damals das Gymnasium besuchte, als Waise zurück. Gustav Zeuner wurde der Vormund und väterliche Freund des hochbegabten Jünglings, der schon früh durch die Sorgen und Pflichten für Mutter und vier jüngere Geschwister den Ernst des Lebens kennen lernte. Nach glänzendem Abschluß seines Gymnasial- und Hochschulstudiums in Zürich und nach dreijähriger praktischer Tätigkeit in der Siglschen Maschinenfabrik in Wien zog es ihn als Assistenten von Veith, dem Nachfolger seines Vaters, und als Privatdozenten an das geliebte Züricher Polytechnikum zurück.

Da trat im Jahre 1879 Carl von Linde von seinem Lehramt für theoretische Maschinenlehre an der ein Jahrzehnt vorher gegründeten Münchener polytechnischen Schule zurück, um sich dem von ihm erkorenen Lebenswerk — dem Schaffen in der Technik der tiefen Temperaturen — ganz widmen zu können. Die bayerische Staatsregierung suchte als Nachfolger Lindes die damals bedeutendsten Vertreter seines Faches, Zeuner in Zürich und Grashof in Karlsruhe, zu gewinnen. Beide Männer wollten jedoch ihre Hochschule nicht verlassen und lehnten

ab. So wurde der damals noch unbekante, kaum 28jährige Schröter auf Zeuners Empfehlung hin nach München berufen. Vom Frühjahr 1879 bis zum Tode blieb er München treu, obwohl ihm 1892 nach Grashofs und 1897 nach Zeuners Rücktritt dessen Lehrstuhl angeboten wurde. Schröter war es auch vorbehalten, das von Linde damals schon mit genialem Blick entworfene Programm eines Versuchslaboratoriums für theoretische Maschinenlehre weiterhin in die Wirklichkeit umzusetzen. Später hat er dann, als Rektor 1908/11 die höchste akademische Würde bekleidend, den Neubau des Wärmekraftlaboratoriums mit seinem Mitarbeiter Loschge auf Grund reicher Erfahrungen und doch im Sinne Lindes, zu dem er stets mit Verehrung aufsah, ausgestaltet.

In diese Zeitspanne fallen folgende für die Entwicklung der Technik grundlegende Ereignisse, bei denen Schröter durch seine untersuchende und klärende Tätigkeit bahnbrechend mitgewirkt hat: Das Werden der Kältemaschine, das mit dem Namen Lindes verbunden ist, die Einführung der Verbundwirkung und der durch Hirn und W. Schmidt in seiner Bedeutung zuerst erkannten Dampfüberhitzung bei den Dampfmaschinen, das Entstehen des Dieselmotors und der Eintritt der Dampfturbine in die neuzeitliche Großkrafterzeugung. Der Umstand, daß Schröter diese unvergleichliche Entwicklung als Lehrer, und man kann sagen als geborener Lehrer, in dieser Weise miterlebte, gab seiner vielseitigen Lehrtätigkeit eine besondere Frische und Unmittelbarkeit, die den reichen Erfolg bei seinen Schülern begründete. Der Grundzug gewissenhafter, völliger Hingabe an den Lehrberuf war bei Schröter aufs glücklichste verbunden mit der Fähigkeit, der stürmischen Entwicklung der Maschinentechnik mit gleichbleibender jugendlicher Frische zu folgen. Seine Hörer fühlten instinktiv, daß ihnen Wertvollstes in klar gestaltender Sprache, mit einem warmen, begeisterten Herzen geboten wurde. Er war Lehrer und Erzieher, Führer und Freund der Jugend im gleichen Maß, auch noch weit über die Studienzeit hinaus. So kam es, daß Generationen seiner in der Welt zerstreuten, auf dem Katheder wie in der Praxis tätigen Schüler ständig das Bedürfnis fühlten, mit ihrem verehrten Lehrer in lebendiger Verbindung zu bleiben. Mochten sie auch noch so gereift sein, ihre dankbare Ehrerbietung blieb dem Lehrer gewidmet, der sie zur Bewältigung jeder Aufgabe ausgerüstet hat. Wie Schröter selbst bis ins hohe Alter hinein durch turnerische Übungen seinen Körper zu stählen suchte, so förderte er auch als Vorstand des Vereins für Leibesübungen die körperliche. und sportliche Ausbildung der ihm anvertrauten akademischen Jugend.

So hat der Lehrer Schröter durch die vorbildliche wissenschaftliche Ausbildung seiner zahlreichen Schüler die Technik in der mannigfachsten Weise befruchtet. Er hat aber auch unmittelbar, durch seine eigenen wissenschaftlichen Leistungen als Ingenieur diese Entwicklung an wichtigen Wendepunkten entscheidend gefördert. Schon im Jahre 1882 bei der ersten Elektrizitätsausstellung im Münchener Glaspalast, bei der die erste Kraftübertragung durch Marcel Deprez von Miesbach nach München ausgeführt wurde, war er Mitglied des Prüfungsausschusses. Im Jahre 1884 veröffentlichte er die erste Arbeit in unsrer Zeitschrift: „Methode der graphischen Behandlung mehrzylindriger Dampfmaschinen", die heute noch Geltung hat.

Die im Jahre 1887 auf Anregung Lindes vorgenommene Untersuchung von Kältemaschinen verschiedener Systeme bildete den Ausgangspunkt für eine Versuchstätigkeit, in der sich Erfolg an Erfolg reihte. Um nur einiges davon herauszugreifen, sei auf Folgendes verwiesen: 1890 Untersuchung einer 200 PS-Dreifach-Expansionsmaschine der Maschinenfabrik Augsburg; 1894 Versuche an einer 62 PS_i-Heißdampf-Verbundmaschine, Bauart Schmidt, in Cassel; 1895 Vergleichende Versuche mit gesättigtem und überhitztem Dampf an der 1500 PS-Dreifach-Expansionsmaschine der Kammgarnspinnerei Augsburg; 1897 Versuche an Diesels rationellem Wärmemotor; 1900 Versuche an der 1000 kW-Parsons-Turbodynamo für die Stadt Elberfeld in Newcastle on Tyne; 1902 Versuche an der 250 PS_e-Van-den-Kerchove-Maschine in Gent. Die Berichte, die Schröter über seine Untersuchungen in unsrer Zeitschrift veröffentlichte, waren, um ein Wort Diesels zu gebrauchen: „ein klassisches Muster von Genauigkeit und Vollständigkeit", eine Fundgrube für weitere wissenschaftliche Tätigkeit. „Er gab," wie Stodola sich ausdrückte, „jeder Epoche durch seine Befunde die letzte Weihe."

Dem segensreichen Wirken Schröters suchte man vielfach durch äußere hohe Anerkennung gerecht zu werden. So hat ihm die Universität Zürich im Jahre 1903 den Dr. phil. h. c., die Technische Hochschule Charlottenburg 1918 den Dr.-Ing. eh. verliehen. Der Bayerische Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure, dessen Vorsitzender er 1891 und 1903 war und dessen Leben er durch seine Persönlichkeit vielfach das Gepräge gab, ehrte ihn anläßlich seines 70. Geburtstages durch Verleihung der Ehrenmitgliedschaft; 1920 verlieh ihm der Hauptverein die Grashof-Denkmünze. Auch der Polytechnische Verein München, in dem er Jahrzehnte erfolgreich tätig war, ernannte ihn zu seinem Ehrenmitglied. Die bayerische Staatsregierung verlieh ihm 1909 den Titel Geheimer Hofrat und 1916 den Titel Geheimrat. Auch das Ausland, mit dessen bedeutendsten technischen Größen, wie Parsons, Rateau, Zölly, de Laval u. a., er bei Versuchen wie auf wissenschaftlichen Kongressen in enge persönliche Fühlung trat, sah in ihm mehrfach die letzte, entscheidende Instanz. Wurde er doch 1904 zusammen mit einem ersten englischen Fachmann zu einem ausschlaggebenden Maschinenversuche nach Amerika berufen.

So sehr ihn diese Auszeichnungen freuten, die innere Befriedigung und das eigentliche Glücksgefühl empfand er erst in der Anerkennung und Anhänglichkeit seiner Schüler. Noch einmal zeigte sie sich in ihrer ganzen Fülle bei der Feier seines 70. Geburtstages und bei seiner letzten Vorlesung am 18. Juli 1924. Ihr sichtbarer Ausdruck, die von dankbaren Schülern ins Leben gerufene „Schröter-Stiftung" zur Unterstützung bedürftiger Studierender, war ihm eine besondere Freude. Seine Hoffnung freilich, daß hiermit noch in die Zukunft hinaus in seinem Sinne Gutes hilfreich fortgewirkt werde, ist durch das tragische Schicksal all dieser Anlagen vereitelt worden.

All die Liebe, die Schröter von so vielen Seiten geerntet hat, hat er selber im reichsten Maße gesät. Seinen Schülern und Freunden sich restlos hinzugeben, war nur der Ausdruck seines innersten Wesens, das dank dem Reichtum seiner Veranlagung, wie aus einem unerschöpflichen Born gespeist wurde. War er doch auf mathematischen, technischen und sprachlichen Gebieten gleichmäßig zu Hause. Der Schätze alter und neuer Literaturen kundig und zumeist die Ursprachen beherrschend, vermochte er zugleich, dem geistigen Leben seiner Zeit in einer seltenen Vielseitigkeit zu folgen. Seine sprachliche Gewandtheit befähigte ihn auch, mit technischen Kollegen verschiedener Nationalitäten in fruchtbaren Austausch zu treten. So war er der Vertreter Deutschlands auf dem Internationalen Kältekongreß in Paris und wurde von unserm Verein beauftragt, 1904 Parsons die Goldene Grashof-Denkmünze zu überbringen. Bei dieser Gelegenheit hielt er bei der Festsitzung der British Association in Cambridge in Gegenwart von Lord Kelvin, Ayrton, Clerk u. a. die Würdigungsrede in englischer Sprache und beteiligte sich an der darauf folgenden Aussprache.

Das Wertvolle in andern Menschen, so verschieden sie auch geartet sein mochten, fand in seiner reichen und umfassenden Natur die mitfühlende Empfänglichkeit, die ihm auf seinem langen Lebenswege immer neue, warme Freundschaften gewinnen ließ. „Ja, es war etwas wie Seligkeit, was ich in seiner Nähe empfand und sich nicht verlor unter der tötenden Last der Jahre," schrieb unter dem Eindruck der Todesnachricht einer seiner ihm wesensverwandten Freunde. Das letzte und innerste Glücksgefühl wurde in ihm erst durch die Sprache der Musik ausgelöst. Hier erst sättigte sich ganz der Schwung seiner feurigen Seele. Die Werke unsrer großen Meister, insbesondere Bruckners und Bachs, waren ihm bis zuletzt unmittelbare Lebensbereicherung.

Wenn ihm auch Schweres nicht erspart blieb — der so frühe Tod seiner geliebten ersten Frau, Auguste Scheib-

ler, die ihm einen Sohn hinterließ, die lange Krankheit und der Tod seiner zweiten Gattin, Emilie Wolff, die sein Heim zum Mittelpunkt eines angeregten künstlerischen und musikalischen Lebens gemacht hatte —, so nannte er sich doch mit Recht einen besonders Glücklichen, den die Natur, die er mit nimmermüder Genußfreudigkeit geliebt hat, harmonisch reich beschenkt habe. Daraus erklärt sich die in sich geschlossene Überlegenheit des Menschen, die sich ebenso in seinem nie versiegenden Humor, in seiner lebensprühenden, strahlenden Frische, wie in seiner selbstsicheren Bescheidenheit kundgab. Der Urgrund seines Wesens war selbstlose Güte, die jedem Bedürftigen mit steter Hilfsfreudigkeit entgegenkam und ihn so manche Not und Sorge seiner Schüler und Schützlinge lindern ließ. Hingabe als innerster Charakterzug bestimmte so Leben und Schicksal. Der ausruhende und verklingende Lebensabend wird dem rastlos Tätigen zumeist nicht mehr gewährt. Das gewissenhafte Sichverpflichtetfühlen bis zuletzt opfert die äußerste, wertvollste Lebenskraft im Dienste andrer auf — inserviendo consumor!

In unser Gefühl der Trauer mischt sich aber der Stolz, daß er einer der Unsrigen war, die Freude, daß wir ihn gekannt haben und aus ihm schöpfen konnten, und die Dankbarkeit für all das, was er überreich uns geschenkt hat. Möchte ein gütiges Geschick unsrer akademischen Jugend, unserm ganzen Volke wieder Männer seiner Art schenken, welche die zum Aufstieg unerläßliche innere Wandlung herbeiführen können. [P 388]

Verein deutscher Ingenieure. Bayerischer Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure.

Wissenschaftliche Industrieforschung.

Bei der Jahrhundertfeier des Franklin-Institutes im September 1924 sprach E. W. Rice jr. über die wissenschaftliche Industrieforschung, wobei er fast ausschließlich auf die elektrische Industrie und amerikanische Verhältnisse Bezug nahm.[1]) Seinen beachtenswerten Ausführungen sei das Folgende entnommen:

Davys Entdeckung des elektrischen Lichtbogens und Faradays Entdeckung der elektromagnetischen Induktion sind die Grundlagen, auf denen die elektrische Industrie aufgebaut wurde. Sie berührt heute alle Industriezweige und erleichtert nahezu jede menschliche Tätigkeit, wie z. B. die Arbeiten in der Landwirtschaft, im Bergbau, den Verkehr usw.

Wenn wir von Forschung sprechen, so denken wir gewöhnlich nicht an die Industrieforschung, sondern an die wissenschaftliche Forschung. Bei der Industrieforschung handelt es sich jedoch nicht nur um wissenschaftliche Forschung, und man begnügt sich hierbei auch nicht mit einem wissenschaftlich wertvollen Ergebnis, sondern man hat bei der Industrieforschung immer die Nutzanwendung im Auge. Dabei können die auf einem Gebiete gewonnenen Ergebnisse auf ganz andern Gebieten Früchte tragen, für die hierdurch die Technik an Bedeutung gewinnt. Man könnte hiernach der Ansicht sein, daß die auf eine bestimmte Nutzanwendung gerichtete Forschung den größeren Fortschritt hervorgerufen hätte. Prüft man aber die geschichtliche Entwicklung der Technik, so findet man, daß sie stets durch solche Versuche veranlaßt wurde, die in erster Linie eine wissenschaftliche Klärung anstreben. Als Forschung bezeichnet man das Hervorbringen gewisser Erscheinungen oder ganzer Reihen von Erscheinungen durch den Versuch zum Zwecke der Bloßlegung von Tatsachen oder der Zusammenfügung von Tatsachen zu Gesetzen. Die Forschung braucht an sich keine Verbindung mit der Industrie zu haben. Es ist grundsätzlich dasselbe, ob an einer Universität oder in einem Industrielaboratorium geforscht wird. Die Forschung ist offensichtlich reine Wissenschaft, bis der Ingenieur auftritt, um sie anzuwenden. Wir können also sagen: Industrieforschung ist ein planmäßiges Suchen nach Erkenntnis, die für die Industrie nützlich ist.

Natürlich können alle Baustoffe, Gegenstände und Arbeitsverfahren verbessert werden und sind daher, allgemein betrachtet, der industriellen Forschung zugänglich. Diese Arbeiten können jedoch unmöglich von den physikalischen Instituten allein geleistet werden, sie müssen notwendigerweise in den Werkstätten selbst, insbesondere in den sogenannten Abnahmeabteilungen unter Leitung des verantwortlichen Ingenieurs, ausgeführt werden.

Eins der besten Beispiele für ein Industrie-Versuchslaboratorium ist das berühmte Laboratorium von Thomas Edison. Es wurde bereits 1875 in Menlopark errichtet. Aus diesem Laboratorium kam z. B. der Phonograph. Man kann behaupten, daß der Phonograph die Erfindung eines großen Genies ist und nicht das Ergebnis planmäßiger Versuche, aber zu seiner Entwicklung auf die heutige Höhe waren planmäßige Versuche nach den besten industriellen Versuchsverfahren erforderlich.

Industrieforschung auf elektrischem Gebiet kann nicht auf Versuche in Laboratorien und Forschungsabteilungen beschränkt bleiben. Es ist nötig, experimentelle Beobachtungen von Erscheinungen auf einer breiteren Grundlage vorzunehmen, als sie in einem Laboratorium oder selbst in einem Werk gegeben ist, z. B. wenn es sich um so bedeutende Gegenstände handelt wie Schiffe, Dampfturbinen, elektrische Lokomotiven und Elektromotoren in Stahl- und Walzwerken und andern großen industriellen Anlagen. Die Forschungsabteilungen der Universitäten haben daher solche Außenarbeiten ausgeführt. Als bemerkenswertes Beispiel hierfür kann das Werk von Prof. Ryan in Kalifornien gelten, wo die Koronawirkungen und die Verluste in Kabeln großer Längen erforscht werden.

Die Ausdehnung der Industrieforschung in den Vereinigten Staaten geht aus der Veröffentlichung des National Research Council 1921 hervor, enthaltend ein Verzeichnis von mehr als 500 Industrielaboratorien mit rd. 5000 Chemikern und Physikern.

Der Industrieforscher braucht als wesentlichen Bestandteil seines Laboratoriums eine wissenschaftliche Bücherei; es ist von großer Wichtigkeit, daß sie ausgenutzt wird. Bloßes Lesen genügt nicht, man muß vielmehr die Versuche und bis zu einem gewissen Grade die Arbeit andrer Forscher wiederholen. Dazu gehört die eingehende Erfahrung, die nur durch persönliche Ausführung der Versuche gewonnen wird. Man hat daher den Forschungslaboratorien einen Raum beigefügt, in dem betriebfähige Modelle der neuesten oder bedeutendsten wissenschaftlichen Einrichtung aufgestellt werden. Mit ihnen können grundlegende Versuche wiederholt werden, z. B. Wilsons Vorrichtung zur Sichtbarmachung des Weges des Alpha-Strahlen, Millikans Bestimmung der Ladung eines Elektrons u. a.

Man kann niemals vorher sagen, ob eine neue Entdeckung technisch verwendet werden kann. Als Beispiel hierfür sei daran erinnert, daß Ramsey und Raleigh 1894 gewisse Gase in unsrer Lufthülle entdeckten, unter denen sich das Argon befand. Diese Gase waren chemisch träge und wurden in der Technik nicht benutzt, bis Langmuir fand, daß Argon gerade das Gas war, das er zur Füllung seiner Lampe brauchte. Ebenso fand v. Laue in der charakteristischen Strahlung der sogenannten Röntgenspektren eine Tatsache größter wissenschaftlicher Bedeutung, die aber zunächst keine technische Verwendungsmöglichkeit bot. Heute benutzt man das Röntgenspektrum täglich in Industrielaboratorien, indem man hiermit das Gefüge der Stoffe untersucht.

[N 321] Dr. A.

[1]) Journal of the Franklin Institute Januar 1925.

Auskunftstelle für Schwingungsfragen.

Der unter Prof. Hort als Obmann stehende V. d. I.-Ausschuß für mechanische Schwingungen hat eine Auskunftstelle für Schwingungsfragen eingerichtet. Der Ausschuß hält eine solche Auskunfterteilung für die zweckmäßige Behandlung auftauchender Schwingungsaufgaben in der Praxis für notwendig. Die Auskunft soll nicht geschäftlich oder gutachtlich, sondern nur wissenschaftlich sein und in der Hauptsache darin bestehen, Anfrager und Forscher miteinander in Verbindung zu bringen, die Bearbeitung neuer wichtiger Probleme den sich hiermit beschäftigenden Stellen zuzuführen, kritische Auskunft über Literatur zu geben und dergl. Der Ausschuß wird in nächster Zeit einen Aufsatz über die grundlegende Behandlung mechanischer Schwingungsfragen in der Praxis veröffentlichen.

Dem Ausschuß gehören folgende Herren an: Hort, Prof. Dr., Berlin, Obmann; Geiger, Dr.-Ing., Augsburg; Hahnemann, Dir., Kitzeberg b. Kiel; Hecht, Dr.-Ing., Kiel; Heymann, Dr.-Ing., Darmstadt; Kühn, Dr.-Ing. eh., Frankfurt a. M.; Marx, Prof., München; Memmler, Prof., Berlin-Dahlem; Schmaltz, Dr.-Ing., Offenbach a. M.; Wichert, Dir., Mannheim; Adrian, Dr.-Ing., Berlin, V. d. I., Schriftführer.

Zur Auskunfterteilung in geeigneten Fällen haben sich weiter bereit erklärt die Herren: Bläß, Prof. Dr., Darmstadt, Technische Hochschule; Föppl, Prof. Dr.-Ing., Braunschweig, Technische Hochschule; Frahm, Direktor, Dr.-Ing. eh., Hamburg; Goßlau, Dipl.-Ing., Berlin; Knoblauch, Prof. Dr., München, Technische Hochschule; v. Mises, Prof. Dr., Berlin, Universität; Pröll, Prof. Dr., Hannover, Technische Hochschule; Wien, Prof. Dr., Jena, Universität. [N 352]

Die wirtschaftliche Fortleitung und Verteilung von Dampf auf große Entfernungen.

Vorgetragen am 24. März 1925, auf der Tagung der Technisch-Wissenschaftlichen Vereine Kölns (Messe).

Von Privatdoz. Dr.-Ing. K. Hencky, Leverkusen.

Maßnahmen zum Schutze vor Wärmeverlusten: Auswahl und Bemessung der Isoliermittel, Beurteilung der Angemessenheit des Preises, Prüfung von Isolierungen — Einfluß der Art des Dampfes auf die Wärmeverluste: Fortleitung von Dampf für Kraft- und Heizzwecke, Wärmeverluste bei gesättigtem und überhitztem Dampf — Versorgung großer Werke mit Dampf von verschiedenen Drücken: Dampfumformer und ihr wirtschaftlicher Nutzen; allgemeiner Plan der Dampfverteilung eines Heizkraftwerks.

Die Fortleitung und Verteilung von Energie auf große Entfernungen und Flächen ist bei großen Werken bereits in ziemlichem Umfange durchgeführt und organisiert. Sieht man von der Versorgung mit elektrischer Energie ab, so verbleibt die eigentliche Wärmeversorgung durch Wasser, Gas und Dampf, deren theoretische und praktische Grundlagen eine Wissenschaft für sich sind. Sie ist dazu berufen, auch auf die Entwicklung des Städtebaues und der Energieversorgung ganzer Länder in viel weiterem Umfang Einfluß zu nehmen, als es bisher geschehen ist, und wegen der fehlenden Kenntnis wichtiger Gesetzmäßigkeiten geschehen konnte.

All diesen Fragen in ihrer Gesamtheit früher als sie dringend werden, nachzugehen und sie umfassend darzustellen, fehlt meist die Zeit; die Erfordernisse des Tages sind dringender, und man muß sich vorläufig darauf beschränken, Einzelerfahrungen von größerer Bedeutung im Hinblick auf das große Ziel zu bearbeiten und in Ruhe werden zu lassen, was man im Ahnen des Kommenden beeinflussen möchte.

Am weitesten fortgeschritten ist die Versorgung mit Dampf für Kraft- und Heizzwecke, und es verlohnt sich, ihre grundsätzlichen Verhältnisse in knappen Umrissen darzustellen; alle Einzelfragen sollen ausscheiden, und nur die größeren, Entwurf und Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage hauptsächlich bestimmenden Maßnahmen sollen gekennzeichnet werden.

Zwanglos ergibt sich dabei folgende Einteilung: Die Wirtschaftlichkeit beruht vor allem auf der Einschränkung der Wärme- und Kraftverluste; sie seien zuerst behandelt. Daneben ist der Zweck der Dampffortleitung, also ob für Krafterzeugung oder für Heizzwecke, mitbestimmend, ebenso die Frage, ob gesättigter oder überhitzter Dampf für die Fortleitung gewählt werden soll. Zum Schlusse seien noch Vorschläge gestreift, um die Versorgung großer Werke mit Bedarf an Dampf in vielen Druckstufen von einem zentralen Heizkraftwerk aus wirtschaftlich durchzuführen.

Schutz vor Wärmeverlusten.

Die Wärmeverluste bei der Fortleitung des Dampfes hat man zwar seit langen Jahren eingehend verfolgt, es hat aber noch vielfach an der wissenschaftlichen Begründung und Anwendung ausreichender Maßnahmen gefehlt. Gerade in den letzten Jahren sind hier besondere Fortschritte erzielt worden (Forschungsheim für Wärmeschutz, München).

Die allgemeine Bedeutung der Wärmeverluste sei durch folgende Feststellungen gezeigt: Die Versorgung eines großen Werkes mit Leitungen von rd. 10 000 m^2 nackter Oberfläche verursacht zur Deckung der Wärmeverluste täglich einen Aufwand von rd. 300 t Dampf oder von rd. 40 t Kohle, das sind bei einem Tagesverbrauch von 3000 t Dampf 10 vH der gesamten Dampferzeugung, also eine erhebliche Einbuße an Energie, die jährlich einem Kostenaufwand von rd. 300 000 ℳ entspricht. Die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen haben ermöglicht, diesen Verlust auf fast die Hälfte herabzudrücken, den Gesamtwirkungsgrad der Verteilung also von 90 auf nahezu 95 vH zu heben.

Den Ausschlag geben hierbei in erster Linie richtige Wahl und richtige Bemessung des Wärmeschutzes.

Bezüglich der Wahl des Isoliermittels steht die Erkenntnis obenan, daß Stoffe mit der kleinsten Wärmeleitzahl den Vorzug verdienen. Ausgehend von einem Isoliermittel mit der Wärmeleitzahl $\lambda =$ 0,12 kcal/mh °C ist in Abb. 1 gezeigt, um wieviel bei gleichem Wärmeverlust die Dicke, das Gewicht der Isolierung und die in der Isolierung aufgespeicherte Wärme kleiner wird, wenn die Wärmeleitzahl kleiner ist. Abb. 2 zeigt außerdem, wie groß beim Stillsetzen diese Verluste an aufgespeicherter Wärme im Vergleich zu den stündlich im Dauerbetrieb auftretenden Verlusten sind; sie sind z. B. bei der ebenen Wand und $\lambda = 0{,}12$ achtmal so groß wie die normalen stündlichen Verluste.

Über die Dicke der Isolierung entscheiden Betrachtungen, die auf der Berechnung der wirtschaftlichsten Dicke der

Abb. 1 und **2.** Bedeutung der Wärmeleitzahl für die Isolierstoffauswahl.

Abb. 3. Wirtschaftliche Isolierdicken.
Dmr.: 200 mm, $\lambda = 0{,}07$, Dampfpreis: 5 ℳ/t.

Isolierschicht beruhen. Abb. 3 zeigt für verschieden dicke Isolierschichten die jährlichen Wärmeverluste, die Abschreibungen der Anlagekosten für verschiedene Tilgungszeiten und schließlich als Summe beider die jährlichen Gesamtkosten der Isolierung. Der Mindestwert der Gesamtkosten kennzeichnet die wirtschaftlichste Dicke, die um so größer wird, je länger die Dauer der Abschreibung, also etwa auch die Haltbarkeit der Isolierung ist. Da man bei guten Isolierungen bis zum Auftreten größerer Ausbesserungen mindestens fünf Jahre rechnen kann, erkennt man, daß die Isolierung aus wirtschaftlichen Gründen dicker als allgemein üblich zu wählen ist.

In jedem Fall bedarf es aber der Nachrechnung, wie sich bei der wirtschaftlichsten Isolierdicke der Wirkungsgrad der Fortleitung, d. h. das Verhältnis der am Ende der Leitung zur Verfügung stehenden zu der in die Leitung gesandten Energie stellt. Bei großen Fernleitungen sinkt er auf 90 vH und tiefer, und man muß die Isolierung noch dicker als die wirtschaftlichste wählen. Man geht dabei an die Grenze des praktisch Ausführbaren; Abb. 3 zeigt in dem flachen Verlauf der Kurve der Gesamtkosten, daß dies ohne großen geldlichen Mehraufwand möglich ist. Man erhält nach diesen Gesichtspunkten die Isolierdicken für Fernleitungen, Abb. 4.

In einfacher Weise läßt sich ferner zeigen, daß bei gleichem Preis der Isoliermittel die wirtschaftlichste Isolierdicke ziemlich unabhängig von der Wärmeleitzahl ist, daß also die Dicken nach Abb. 4 so ziemlich für alle Isolierungen in gleicher oder ähnlicher Preislage gelten können. Daß man die Isolierung im allgemeinen bisher zu dünn ausgeführt hat, ergibt auch Zahlentafel 1. Bei Kühlhäusern, also Kälteaufspeicherung in großen Räumen, läßt man einen Verlust von 6 bis 8 kcal/m²h zu. Rechnet man nun, daß die Kältekalorie etwa 10mal teurer als die Wärmekalorie ist, so wären bei Dampfleitungen noch 60 bis 80 kcal/m²h Verlust zulässig. Dies hat man bei den früheren Isolierdicken bei weitem nicht erreicht. Auch diese Überlegungen führen also zu der Forderung, die Isolierungen bis teilweise doppelt so dick wie bisher üblich zu bemessen und dazu nur Stoffe mit möglichst kleiner Wärmeleitzahl zu benutzen.

Es bleibt noch die Frage nach der Angemessenheit des Preises zu beantworten. Auf dem Wege des Vergleiches kann hierfür eine technische Grundlage angegeben werden. In Zahlentafel 2 sind die theoretisch notwendigen Isolierdicken berechnet, die bei den verschiedenen Stoffen den gleichen Wärmeverlust ergeben. Die Kosten der Isolierung für diese Dicken, auf 1 m Rohrleitung bezogen, dienen zum Vergleich der Preiswürdigkeit.

Zahlentafel 1. Durchschnittliche Wärmedurchgangzahlen ausgeführter Isolierungen.

Art der Isolierung	Temperaturunterschied °C	Wärmedurchgangzahl k kcal/m²h °C	Wärmeverlust kcal/m²/h
Kühlhausmauern	20 bis 30	0,30	6 bis 9
Dampfleitungen: alte Isolierungen	150 „ 330	1,2 bis 0,8	180 „ 280
Dampfleitungen: neue Isolierungen	150 „ 350	0,6 „ 0,5	90 „ 180

Zahlentafel 2. Bestimmung des angemessenen Preises für eine Isolierung.

Rohrdurchmesser . 200 mm Temperatur . . . . 200 °C	Wärmeleitzahl λ des Wärmeschutzmittels: 0,055	0,063	0,075	0,09	0,12
Wärmeverlust von 1 m Rohr . . . . . . kcal/h	99	112	132	155	200
Jährlicher Verlust an Dampf von 1 m Rohr bei 100 mm Dicke . . . . t	1,43	1,62	1,90	2,24	2,89
Bei gleichem Verlust erforderliche Dicke der Isolierung . . . . mm	83	100	122	167	269
Preis des Vergleichs-Wärmeschutzmittels für 1 m² . . ℳ	—	—	17,00	—	—
Preis des Vergleichs-Wärmeschutzmittels für 1 m Rohr ℳ	—	—	24,60	—	—
Höchstzulässiger Preis für die andern Stoffe . ℳ/m²	20,40	18,80	—	14,20	10,30
Tatsächliche Kosten bei der erforderlichen Dicke . ℳ	—	19,00	—	19,50	—
Tatsächliche Kosten bei 100 mm Dicke ℳ/m²	—	19,00	15,20	14,50	—

Hat man z. B. ein Isoliermittel mit $\lambda = 0{,}075$ und 17 ℳ/m² (bei 122 mm Dicke) greifbar, so werden die Angebote der Wettbewerber wirtschaftlich durch den Preis von 1 m Isolierung bei gleichem Verlust gekennzeichnet; z. B. dürfte das Isoliermittel mit $\lambda = 0{,}09$ höchstens 14,2 ℳ/m² bei der erforderlichen Dicke von 167 mm kosten, während es tatsächlich 19,5 ℳ kostet, also weniger günstig ist. Bemerkenswert ist dabei, daß nach dem in rein kaufmännisch denkenden Kreisen üblichen Vergleich der Preise von 1 m² dieses Isoliermittel billiger erscheinen würde.

Die Betrachtung ist einwandfrei, aber sie ist ein Vergleichverfahren und kann zu Schlüssen führen, welche die allgemeine Entwicklung schädigen. Man kann z. B. das schlechteste Isoliermittel zugrunde legen und danach wesentlich höhere Preise der guten Stoffe begründen. Das bedeutete natürlich den Tod der Wärmeversorgung, weil die hohen Kosten der Isolierung die Reichweite der Fernleitung verringern und damit für die Allgemeinwirtschaft wichtige Anlagen unausführbar werden.

Prüfung von Isolierungen.

Durch die obigen Ausführungen sollte gezeigt werden, daß die letzten Jahre der Forschung auf dem Gebiete des Wärmeschutzes Klarheit über die wissenschaftlichen Anforderungen in Auswahl und Bemessung des Wärmeschutzes gebracht haben. Die praktische Anwendung solcher Regeln wäre aber unvollkommen, wenn es nicht möglich wäre, die Wärmeverluste oder die Wärmeleitzahl der gelieferten Stoffe auch nachzuprüfen. So einfach die Frage, so dornenvoll war der Weg zu ihrer Lösung. Sie liegt heute vor, und es verlohnt sich, kurz darauf einzugehen.

Abb. 4. Neuzeitliche Isolierdicken für Fernleitungen

Abb. 5. Wärmeschutzprüfer nach Bayer.

Abb. 6. Wärmeflußmesser nach Dr. E. Schmidt.

Zwei Wege — unabhängig voneinander begangen — führten zum Ziele. Der eine strebt die Bestimmung der Wärmeleitzahl durch Auflegen einer zusätzlichen Isolierschicht von bekanntem Wärmedurchgangswiderstand an und erreicht dies durch eine Veränderung des ursprünglichen Temperaturgefälls in der Isolierschicht. Dieses schon im Jahre 1919 angewandte Verfahren[1]) wurde neuerdings bei den Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co. benutzt, um eine Vorrichtung zur Bestimmung der Wärmeleitzahl fertiger Isolierungen auszuarbeiten, Abb. 5. Sie besteht aus einer im ganzen 12 bis 15 mm dicken, 4 bis 6 m langen Gummibinde, die um die Rohrleitung herumgelegt wird. Die Messung kann nur bei unveränderlicher Temperatur vorgenommen werden. Der eigentliche, zur Bestimmung des Temperaturgefälls dienende Meßstreifen trägt daher eine aus praktischen Versuchen ermittelte Dämpfungsschicht, die die kurzzeitlichen Änderungen der äußeren Wärmeabgabe nicht bis zum Meßstreifen dringen läßt. Die Schutzstreifen seitlich vom Meßstreifen sichern vor Störungen des Temperaturfeldes durch seitliches Abströmen von Wärme aus dem Meßstreifen.

Das zweite Verfahren[2]) nach Dr. E. Schmidt, Abb. 6, strebt die Messung der augenblicklichen Wärmeabgabe des Rohres zu jedem beliebigen Zeitpunkt an; es benutzt eine praktisch kapazitätsfreie dünne Platte aus Gummi (rd. 3 mm dick), die also, wenn sie aufgelegt wird, das ursprüngliche Temperaturfeld nicht verändert und daher ein „Wärmeflußmesser" ist. Diese Einrichtung ist für alle Arten von Wärmeflüssen verwendbar. Das Nachprüfen von Isosierungen damit setzt mit Rücksicht auf die Störungen durch Witterungseinflüsse besonders geschultes Personal voraus, weil man die Dicke der hier von Fall zu Fall zu wählenden Dämpfung ausprobieren muß. Der erstgenannte Wärmeschutzprüfer macht dies entbehrlich, eignet sich aber nicht für das unmittelbare Messen von Wärmeflüssen.

[1]) Vergl. K. Hemky, „Gesundheitsingenieur" 1918, S. 89 und z. f. d. Wohnungswesen in Bayern 1920, S. 324.

[2]) Es beruht auf dem gleichen Grundgedanken wie das erste Verfahren. Vergl. Archiv f. Wärmewirtsch. 1924, S. 9.

Einfluß der Art des Dampfes auf die Wärmeverluste.

Was von Wärmeverlusten und Wärmeschutz gesagt ist, gilt, streng genommen, für alle Arten von Wärmeträgern und es verbleibt nur noch die Aufgabe, die Sonderfragen bei der Versorgung mit Dampf zu besprechen.

Zunächst besteht ein grundsätzlicher Unterschied zwischen Fortleitung von Dampf für Kraftzwecke und für Heizzwecke. Für Kraftzwecke lassen sich die wichtigsten Gesichtspunkte an der Hand von Abb. 7 und 8 darlegen, hier ist die Aufgabe behandelt, die Verluste für die Krafterzeugung zu berechnen, wenn bei verschiedenen Rohrdurchmessern eine bestimmte Menge Dampf (13 000 kg/h) 200 m weit fortgeleitet wird. Bei verlustfreier Fortleitung können 1360 kWh, also 100 vH, erzeugt werden. Der Druckverlust in der Leitung verursacht eine Minderleistung, dargestellt durch die obere Kurve. Da für die Krafterzeugung stets überhitzter Dampf gewählt wird, treten die Wärmeverluste in der Form von Temperaturverlusten auf, die eine weitere Mindererzeugung an Kraft bewirken. Der so entstehende Gesamtverlust ist für zwei verschiedene Arten von Isolierungen dargestellt, wobei einmal die Isolierdicke nach Abb. 4 und gute Mittelware ($\lambda = 0{,}08$), das andre Mal schlechte Ware ($\lambda = 0{,}10$) in der üblichen dünnen Isolierung vorausgesetzt ist.

Die Darstellung zeigt dreierlei: erstens den praktischen Beweis für die neuere Anschauung in der Wahl und Bemessung des Wärmeschutzes, zweitens ein anschauliches Bild über den günstigsten Rohrdurchmesser, den man daraus durch Einsetzen der Preise, ähnlich wie bei der wirtschaftlichsten Isolierdicke, erhalten kann. Viele Ingenieure ziehen diese anschauliche Ermittlung des Rohrdurchmessers der an sich richtigen, rein mathematischen Berechnung[3]) vor, weil sie den Überblick und die Anpassung an die besonderen Verhältnisse erleichtert. Drittens erkennt man auch, daß die Fernleitung von überhitztem Dampf für Kraftzwecke einen begrenzten Bereich hat; denn beim vorliegenden Beispiel sind nur 200 m Leitung zugrunde gelegt, wobei der Wirkungsgrad beim annähernd wirtschaftlichsten Durchmesser und bei bester Isolierung 95 bis 96 vH beträgt.

Abb. 7 und 8. Fortleitung von Dampf zur Krafterzeugung (13 t/h, 30 at, 350 °C).

[3]) O. Dennecke, „Die Wärme" 1922 Heft 8. Lußberger, a. a. O. 1925 S. 137.

Wesentlich günstiger liegen die Verhältnisse bei Fortleitung von Dampf zu Heizzwecken, weil in diesem Fall die Wahl, ob überhitzter oder Sattdampf, frei bleibt.

Sattdampf hat den Nachteil, daß er Kondensat bildet. Ist das Kondensat nicht unmittelbar verwertbar, so geht auch noch die darin enthaltene Wärme verloren. Bei ausreichend hoch überhitztem Dampf vermeidet man wohl die Kondensatbildung und den Verlust der Kondensatwärme, dagegen wird der Wärmeverlust der Isolierung größer, weil bei gleichem Druck die Temperatur höher ist.

Ein klares Bild über die Wärmeverluste einer Dampfleitung und über die wirtschaftlich zweckmäßigste Art der Fortleitung von Heizdampf liefert ein Zahlenbeispiel. Es seien die Wärmeverluste für eine Dampfleitung von 200 mm Dmr. und 400 m Länge zu berechnen.

Das Ergebnis der Rechnung ist in Abb. 9 eingetragen. Der Wärmeverlust durch Isolierung bei Sattdampf, siehe die untere Linie, muß durch die Verdampfwärme eines entsprechenden Gewichts an Dampf aufgebracht werden. Geht das hierbei entstehende Kondensat verloren, so ist die Kondensatwärme hinzuzurechnen, und man erhält als Wärmeverlust im Dampf die obere Linie. Man sieht dabei, wie stark Verluste im Dampf bei steigendem Dampfdruck zunehmen.

Bei überhitztem Dampf äußert sich der Wärmeverlust durch die Isolierung nicht in der Bildung von Kondensat und in keinem Verlust an Dampfgewicht, sondern in einem Temperaturverlust oder einer Verschlechterung des Dampfes, die aber für Heizzwecke unerheblich ist.

Es ist bekannt, daß die Wärmeübergangzahl des überhitzten Dampfes an Wandungen 40 bis 100 mal kleiner als für Sattdampf ist. Das hat großen Einfluß auf den gesamten Wärmedurchgang, wenn dieser groß ist oder groß sein soll. Bei der Rohrleitung sorgt man aber durch Isolierung dafür, daß der Wärmedurchgang sehr klein bleibt, daher ist der Einfluß der Änderung der Wärmeübergangzahl des Dampfes verschwindend klein.

Die Wärmeverluste durch die Isolierung sind daher bei überhitztem Dampf für gleiche Dampftemperatur ebenso groß wie bei Sattdampf, Abb. 9, und sind hier auch zugleich die gesamten Wärmeverluste im Dampf. An der Hand von Abb. 8 kann man in jedem Fall unschwer entscheiden, ob die Überhitzung des Dampfes Vorteile für die Fortleitung bietet.

Beispiel: Dampfdruck 5½ at, Sättigungstemperatur 161 °C.

Die Verluste bei Sattdampf betragen 62 000 kcal/h, bei überhitztem Dampf würden dieselben Verluste bei einer Temperatur von 215 °C auftreten. Wenn also der Temperaturabfall in der Leitung kleiner als 215 — 161 = 54 °C ist, ist es zweckmäßig, den Dampf so hoch zu überhitzen, daß er am Ende der Leitung als Sattdampf anlangt. Beträgt z. B. der Temperaturabfall 20 °C, so entsteht dabei ein Wärmeverlust (Dampftemperatur 161 + 20 = 181 °) von 52 000 kcal/h. Die Überhitzung über 215 ° zu steigern, ist natürlich unwirtschaftlich.

In der Praxis steht nun nicht immer der Dampf mit der günstigsten Temperatur zur Verfügung, besonders nicht bei Heizkraftwerken, deren Kessel hochüberhitzten Dampf erzeugen und deren Turbinen ebenfalls noch überhitzten Dampf liefern. Man muß daher den Dampf, um ihn wirtschaftlich fortleiten zu können, entsprechend abkühlen. Hierzu dienen Heißdampfkühler, s. Abb. 10 bis 12. Im Kühler, Abb. 10, wird der überhitzte Dampf benutzt, um in einem Rohrkörper Wasser zu erwärmen und zu verdampfen. Er kühlt sich dabei ab und vermischt sich mit dem entstehenden Sattdampf. Der Wärmeaustausch auf 1 m² Heizfläche ist verhältnismäßig klein, die erforderlichen Heizflächen und damit der ganze Kühler werden sehr groß. Günstiger ist die Bauart mit Wassereinspritzung, Abb. 11. Sie braucht aber ebenfalls noch großen Raum. Außerdem entsteht noch heißes Wasser, das nicht verdampft ist und mittels eines Ableiters entfernt wird. Dies setzt den Wirkungsgrad der Vorrichtung herab, wenn man keine Verwendung für das Kondensat hat.

Der dritte Kühler, Bauart der Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co. (nach Angaben des Verfassers) ist nicht

Abb. 9. Wärmeverluste einer Heizdampfleitung (Länge 400 m, Dmr. 200 mm, $\lambda = 0{,}07$).

größer als ein Ventil von gleicher Anschlußweite wie die Rohrleitung, vergl. Abb. 12. Die ersten beiden Kühler verursachen einen Druckabfall, indem die Dampfgeschwindigkeit durch die großen Querschnitte der Kühler verringert und dann wieder erzeugt werden muß. Beim Dampfkühler von Bayer wird der Druckabfall dadurch erzeugt, daß die Dampfgeschwindigkeit in einem Kugelfilter gesteigert und dann wieder verringert wird. Dabei wird das Wasser in dünner Schicht auf große Oberfläche verteilt und durch Adhäsion in Ruhe gehalten, die relative Geschwindigkeit zwischen Wasser und Dampf wird außerordentlich gesteigert und der Wärmeaustausch so wirksam, daß bis zu 10 vH Wasserzusatz in Kugelfiltern bis zu rd. 200 mm Höhe restlos verdampft werden. Dadurch wird die Bauart sehr klein.

Versorgung großer Werke mit Dampf von verschiedenen Drücken.

Die Versorgung eines großen Werkes mit Dampf bereitet besondre Schwierigkeiten, wenn, wie z. B. in der chemischen Industrie, Dampf von verschiedenen Drücken gebraucht wird und die Vorteile zentraler Erzeugung von Kraft und Wärme gewahrt werden müssen. Denn die Drücke werden in erster Linie durch die Erfordernisse der Betriebe bestimmt und können nicht mit Rücksicht auf Erzielung bester Wärmeausnutzung frei gewählt werden. Kupplung von Kraft und Wärmeerzeugung bei Unabhängigkeit in der Wahl der Dampfspannung für den Heizbetrieb ist eine bisher wenig beachtete Aufgabe, die eine besondre Behandlung verdient.

Da man unmöglich mehrere weit verzweigte Rohrnetze anlegen kann, so bleibt nur der Weg, ein Hochdrucknetz und ein Niederdrucknetz auszuführen und das Niederdrucknetz aus Gegendruck- oder Anzapfturbinen zu speisen. Andre als diese Normaldrücke kann man zunächst durch Drosselung der nächst höheren erzielen, allerdings unwirtschaftlich, weil aus diesem gedrosselten Dampf keine Kraft gewonnen werden kann.

Man kann in solchen Fällen auf zweierlei Weise vorgehen:

Der eine Weg ist, die Krafterzeugung teilweise zu dezentralisieren, indem man dort, wo anders gespannter Dampf gebraucht wird, Gegendruckturbinen aufstellt. Theoretisch und praktisch ist dies ausführbar und bekannt.

Der zweite Weg ergibt sich durch eine erweiterte Auffassung des Begriffes der Wärmepumpe und durch Anlehnung an die Verteilung elektrischer Energie mit Hilfe von Umformern. Hierbei wird die zentrale Krafterzeugung beibehalten; dort, wo man Dampf von abnormalem Druck verbraucht, entnimmt man eine entsprechende Dampfmenge aus dem Hochdrucknetz und läßt sie in einer besonderen Vorrichtung auf den Heizdampfdruck expandieren; die dabei entstehende kinetische Energie wird dazu benutzt, um eine entsprechend große Dampfmenge aus dem Niederdrucknetz anzusaugen und auf den Heizdampfdruck zu verdichten. Damit gelangt die Wärmepumpe oder der Dampfwidder auf ein Anwendungsgebiet, für das man die Bezeichnung Dampfdruckumformer prägen könnte.

Dampfdruckumformer.

Für die Ausführung dieser Dampfdruckumformer sind zwei Arten von Vorrichtungen geeignet: Strahlkompressoren und Kolben- oder Turbomaschinen. Beim Strahlkompressor läßt man in einer Düse Hochdruckdampf expandieren, mischt den expandierten Dampf von hoher Geschwindigkeit mit Niederdruckdampf und überträgt so die kinetische Energie des Hochdruckdampfes zum Teil auf den Niederdruckdampf. Die Geschwindigkeitsenergie des Gemisches aus beiden Dampfmengen wird alsdann in einer Verdichtungsdüse (Diffusor) in Druckenergie zurückverwandelt.

Abb. 13 zeigt schematisch einen solchen Strahlapparat zum Erzugen von Dampf. Er hat keine beweglichen Teile, und seine gedrängte Bauart ist für den gedachten Zweck sehr geeignet, weil er keiner wesentlichen Wartung bedarf. Weitere Vorteile sind einfache Handhabung im Betrieb und niedrige Anschaffungskosten. Ein Nachteil ist der verhältnismäßig schlechte Wirkungsgrad der Druckumsetzung wegen der Unmöglichkeit, hohe Verdichtungsgrade zu erreichen. Der Strahlkompressor eignet sich daher besonders für Stellen mit geringem Heizdampfverbrauch und für geringe Verdichtungsgrade. Wo man dagegen Heißwasser von so hoher Temperatur erstrebt, daß man es nur bei Anwendung von Druck flüssig erhalten kann, verwendet man den in Abb. 14 gezeigten Strahlkompressor.

Die praktische Ausführung der Strahlkompressoren wird dadurch erschwert, daß planmäßige und allgemein zugängliche Erfahrungen in der Bauart solcher Apparate spärlich sind, so daß man geeignete Strahlkompressoren nicht immer kaufen kann. Strahlapparate werden zwar in der Technik vielfach benutzt, doch hat sich ihre Anwendung bisher fast ausschließlich auf Ansaugen und Verdichten von Luft und Wasser beschränkt. Die Verwendung als Druckumformer im Dampfbetrieb ist weniger bekannt.

Bei großem Dampfverbrauch oder wenn ein größerer Teil des Werkes einen vom Normalnetz abweichenden Druck braucht, ist es wirtschaftlicher, für die Druckwandlung höhere Kosten aufzuwenden und ein System mit höherem Wirkungsgrad zu wählen. Hierzu kann eine Dampfpumpe von besonders gedrungener Bauart dienen, die Dampf aus dem Hochdrucknetz entnimmt und durch Expansion auf den gewünschten Mitteldruck in Zylindern oder Turbinenrädern die Leistung erzeugt, um in einem damit gekuppelten Kompressor Dampf aus dem Niederdrucknetz auf den Mitteldruck zu verdichten.

Bei Anwendung von Kolbenpumpen kann man von dem System der schwungradlosen Dampfluftpumpen ausgehen. Die unmittelbare Kupplung von Verdichtung und der Expansion des Dampfes läßt sich auch in einem umlaufenden System durchführen, s. Abb. 15. In dem feststehenden Gehäuse trägt das Laufrad auf der einen Seite die Turbinenbeschaufelung für die Expansion des Dampfes aus der Hochdruckleitung und die Umsetzung seines Druckes in mechanische Energie, womit in den Schaufeln auf der andern Radseite Dampf aus der Niederdruckleitung auf den Heizdampfdruck verdichtet wird. Die Anordnung vermeidet, Dampfmengen mit hoher Geschwindigkeit zu mischen, was beim Strahlkompressor wegen der Stöße einen schlechten Wirkungsgrad ergibt, und benutzt die wirtschaftlichere Energieumsetzung der Turbomaschinen. Alle Bauteile des Umformers, Turbinen- und Kompressorbeschaufelung, sind bekannt; eine möglichst gedrungene Verbindung der beiden Maschinen und die Bauarten für verschiedene Verdichtungsgrade müssen noch konstruktiv bearbeitet werden.

Die Regelung des Umformers ist einfach. In die Zuleitung für Niederdruckdampf baut man ein Rückschlagventil, in die für Hochdruckdampf ein Drosselventil ein, das von der Heizdampfleitung gesteuert wird, wenn sich der Druck ändert. Auf diese Weise wird der Umformer selbsttätig auf den jeweiligen Heizdampfverbrauch eingestellt. Da das Drosseln die Wirtschaftlichkeit herabsetzt, empfiehlt es sich, an die Turbogruppe mehrere Heizstellen mit zeitlich verschieden großem Dampfverbrauch anzuschließen, um die Notwendigkeit starker Drosselung zu beschränken.

Der Turboumformer eignet sich grundsätzlich für alle Drücke, bei geringem Verdichtungsgrad kann man einstufig, bei höheren Graden mehrstufig verdichten. Die gesamte Umformung geht mit höherem Wirkungsgrad als bei Strahlapparaten vor sich; er darf mit 40 bis 60 vH angesetzt werden.

Abb. 10. Heißdampfkühler mit Wasserverdampfung.

Abb. 11. Heißdampfkühler mit Wassereinspritzung.

Abb. 12. Heißdampfkühler, Bauart Dr. Hencky.

Abb. 10 bis **12.** Dampfkühlerbauarten.

Wirtschaftlicher Nutzen von Dampfdruckumformern, Dampfverteilung für Heizzwecke.

Um den wirtschaftlichen Nutzen der Dampfdruckumformung festzustellen, geht man vom Dampfbedarf aus, der sich beim Drosseln des Hochdruckdampfes auf den geforderten Heizdampfdruck ergibt, was ohne Umformer die einzig mögliche Art ist, den Heizdampf zu erzeugen. Zum Vergleich seien für den Wärmebedarf von 10 000 kcal/h die bei verschiedenen Drücken nötigen Dampfmengen berechnet, Abb. 16. Im unteren Feld ist der Verbrauch an Hochdruckdampf von 30 at abs. und 350 °C für 10 000 kcal/h Heizleistung in Abhängigkeit vom Heizdampfdruck eingetragen. Die Drosselung ergibt den größten Verbrauch an Hochdruckdampf. Für die Dampfmengen, die man zur Erzielung der gegebenen Heizleistung braucht, ist es dabei gleichgültig, ob der Dampf nach dem Drosseln überhitzt oder durch Einspritzen von Wasser in gesättigten Dampf verwandelt wird. Bei Drosselung nimmt ferner mit abnehmendem Heizdampfdruck der Verbrauch an Dampf der Hochdruckleitung nur wenig ab.

Bei Benutzung der Dampfdruckformer kann man dagegen die gleiche Heizleistung mit einer geringeren Menge Hochdruckdampf als bei Drosselung erzielen. Die Ersparnis an Hochdruckdampf für den Heizbetrieb hängt von der Heizdampfspannung und vom Wirkungsgrad der Dampfdruckumformer ab. Abb. 16 zeigt den Bedarf an Hochdruckdampf (unten) und an Niederdruckdampf (oben) für Wirkungsgrade von 10, 20, 40 und 60 vH. Die Werte für die theoretisch höchste Ersparnis beim Wirkungsgrad 100 vH im Umformer sind ebenfalls eingetragen.

Die Ersparnisse an Hochdruckdampf sind nicht unbedeutend. Bei einem Heizdampfdruck von 10 at beträgt z. B. für je 10 000 kcal/h Heizleistung der Bedarf an Hochdruckdampf (30 at) bei Drosselung 18,4; bei Umformung mit nur 10 vH Wirkungsgrad (Strahlkompressor) braucht man 15,2 kg/h Hochdruck- und 3,6 kg/h Niederdruckdampf (6 at). Durch den Dampfdruckumformer spart man daher im vorliegenden Beispiel 3,2 kg/h Hochdruckdampf, die man für die Erzeugung von elektrischer Energie ausnutzen kann. Bei 40 vH Wirkungsgrad des Umformers (Turboumformer) beträgt im vorliegenden Beispiel die Ersparnis an Hochdruckdampf schon 8,3 kg/h. Gegenüber der einfachen Drosselung geht also beim gewählten Beispiel der

Abb. 13. Strahlverdichter für Dampf.

Abb. 15. Turbo-Dampfpumpe.

Abb. 14. Strahlverdichter für heißes Druckwasser.

Abb. 13 bis 15. Dampfdruckumformer.

Oben: Verbrauch an Niederdruckdampf; 6 at abs, gesättigt
Unten: „ „ Hochdruckdampf; 30 at abs, 350°.

Abb. 16. Ersparnisse durch Dampfdruckumformer.

Verbrauch auf rd. 82,7 vH bei 10 vH und auf 55 vH bei 40 vH Umformerwirkungsgrad zurück.

Über das Beispiel hinaus kann man aus Abb. 16 folgende allgemeine Sätze ablesen:

1) Die Ersparnis an Hochdruckdampf und somit der Gewinn an Kraft steigt mit abnehmendem Heizdampfdruck und mit zunehmendem Wirkungsgrad des Dampfumformers.
2) Bei Heizdampfdrücken, die nicht wesentlich über dem normalen Niederdruck liegen, bringen auch schon Umformer von mäßigem Wirkungsgrad große Ersparnisse.
3) Bei Heizdampfdrücken, die nicht wesentlich niedriger sind als der normale Hochdruck, kommen nur Umformer mit höheren Wirkungsgraden in Betracht.
4) Über die in Abb. 16 dargestellten Ergebnisse hinaus kann noch zugefügt werden, daß die Ersparnisse durch Umformer um so größer sind, je größer die Druckspanne zwischen den Ringleitungen für Hochdruck und für Niederdruck ist.

Strahlkompressoren eignen sich daher ganz allgemein besonders für die unter 2) genannten Fälle, Kolben- und Turboumformer für die Fälle unter 3); sie kommen aber auch insbesondere für Fälle nach 2) in Betracht, wenn die Heizdampfmengen einen wesentlichen Teil der Dampferzeugung bilden.

Die Dampfdruckumformer — sei es mit Strahlapparaten oder mit Kolben- und Turbomaschinen — machen die Kopplung von Kraft- und Wärmeerzeugung in Werken mit verschiedenen Heizdampfdrücken in nicht unwesentlich wirtschaftlicherer Weise möglich und helfen gleichzeitig, die Unabhängigkeit der Betriebe hinsichtlich Wahl der Heizdampfdrücke zu erhalten.

Dampfverteilung für Heizkraftwerke.

Die Entwicklung im Ausbau der Heizkraftwerke, die Heizdampf von verschiedenen Drücken brauchen, sich also für Dampfdruckumformer eignen, könnte etwa nach dem Plan, Abb. 17, erfolgen. Die Wärmeverbrauchstellen wer-

Abb. 17. Dampfverteilung bei einem Heizkraftwerk mit Dampfdruckumformer.

den danach aus zwei Dampfringleitungen, einer Hochdruck- und einer Niederdruckleitung versorgt und erhalten mittels Umformer nach der Strahl- oder Turbobauart Dampf von der gewünschten Heizdampfspannung. Der Krafterzeugung dient eine Hochdruckanlage (30 at), die im Hochdruckteil einer Anzapfturbine den Dampf unter Erzeugung von elektrischer Energie auf den Druck der Niederdruckleitung bringt; dieser Druck entspricht zugleich dem Anzapfdruck der Turbine. Für Heizzwecke nicht verbrauchter Dampf geht durch den Niederdruckteil der Turbine zum Kondensator.

Die Anwendbarkeit dieser Dampfverteilung, die ganz außerordentlich der Verteilung elektrischer Energie ähnelt, ist sehr vielfältig; sie eignet sich nicht nur für ein größeres Werk, sondern ermöglicht auch für mehrere einander räumlich naheliegende kleinere Werke die Errichtung eines gemeinsamen Heizkraftwerkes, was bisher wegen der betrieblich festliegenden Dampfspannungen nicht gelungen war. Wie weit hierbei die Dampfdruckumformer wirtschaftlich sind und welche Art von Umformung zu wählen ist, kann nur die Behandlung der Sonderfälle ergeben. [B 353]

Das Wesen des Formsandes und seine Bedeutung für die Gießereitechnik[1].

Die Besonderheiten, die einen Sand zu Formzwecken geeignet machen, sind Bildsamkeit, Standfestigkeit, Gasdurchlässigkeit und Feuerbeständigkeit; eine große Mannigfaltigkeit in den Größenabmessungen und der Form der Sandkörner hilft das Verhalten eines Sandes als Formsand erklären.

Die Hauptbestandteile eines Formsandes sind Quarz und Ton; ferner finden sich häufig Feldspat, Glimmer, Glaukonit und Kalk, seltener andre Mineralien. Der bedeutsamste Bestandteil ist Quarz in Form von teils eckigen, teils mehr oder weniger gerundeten Körnern verschiedener Größen, von denen eine Größenstufe in den weitaus meisten Fällen den Hauptanteil ausmacht, der dem Sande das Kennzeichen als grob, mittel- oder feinkörnig gibt. Die Quarzkörner, als widerstandfähiges, hartes Gefügeelement, bilden das Baugerüst der herzustellenden Form. Hierzu tritt das Bindeglied für die Quarzkörner, der Ton: wasserhaltige kieselsaure Tonerde, dessen Menge nach oben und unten geradezu entscheidend dafür ist, ob ein tonhaltiger Sand als Formsand zu gelten hat.

Zur Ermittlung der Bestandteile dient die sogenannte „rationelle" Analyse, d. i. die Zerlegung in die einzelnen mineralogischen Bestandteile im Gegensatz zu der Gesamt- oder Bauschanalyse, die nur die einzelnen Bestandteile wie Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd oder -oxydul, Kalk, Magnesia, Alkali angibt, ohne Rücksicht auf den Anteil, den diese Stoffe an den obengenannten Mineralien haben. Dieser Art Analyse kommt eine praktische Bedeutung nicht zu, wenn man bedenkt, daß z. B. die Kieselsäure des Quarzes eine ganz andre Rolle spielt als die des Feldspats, Glimmers und des Tones; das gleiche gilt von der Tonerde. Die chemische Analyse ist für die Gießereipraxis entbehrlich; sie ist für die Abbauindustrie wichtiger.

Betrachtet man einen frischen Formsand unter dem Mikroskop, so findet man, daß jedes Sandkorn von einem mehr oder weniger dicken Tonhäutchen umgeben ist. Dieses ist das ausschlaggebende Grundelement für das Verhalten eines Sandes als Formstoff; beim Benetzen mit Wasser quillt dieses Häutchen infolge von Wasseraufnahme auf und ruft so das Verhalten hervor, das man als Bildsamkeit oder Formbarkeit bezeichnet. Reicht der Tongehalt nicht zum völligen Verkleben aller Sandkörner aus, so ergeben sich die mageren Sande.

Das Entstehen der Formsandlager ist auf die Verwitterung ehemaliger fester Gesteine zurückzuführen. Außer Granit sind es die Porphyre und Sandsteine, die eine erhebliche Zahl von Formsandvorkommen geliefert haben.

Rein äußerlich fallen die überaus mannigfachen Färbungen, manchmal ein und desselben Vorkommens auf. Alle roten Sande werden durch Eisenoxyd, die gelben bis braunen Farben durch Eisenoxydhydrat bedingt, während die grünen, blaugrünen und violetten Sande ihre Farbe der Anwesenheit von Eisensilikaten verdanken; die dunklen, undurchsichtigen Körner mancher Formsande bestehen aus Glaukonit, einem wasserhaltigen Eisenoxydsilikat mit erheblichem Kaligehalt (bis 8 vH).

Ein höherer Gehalt an Eisenverbindungen erniedrigt die Feuerbeständigkeit eines Formsandes. Dies zeigt sich im Anbrennen des Sandes an das Gußstück. Eine gewisse Aufmerksamkeit erfordert der Gehalt an kohlensaurem Kalk, der leicht die Verwendbarkeit in Frage stellen kann.

Die Prüfungen der Gießereien erstreckten sich bisher in der Hauptsache auf Untersuchungen des frischen Formsandes. Wichtiger ist es, die geeigneten Mischungen der Formsande untereinander und mit Altsand festzustellen. Wenn bisher dieses Verhältnis auf reinem Erfahrungsweg in den weitaus meisten Fällen erreichbar war, so schließt das nicht aus, den Grund für das günstige Verhalten einmal festzustellen, allein schon für den Zweck, bei späteren Mißerfolgen mit denselben Gemischen durch Vergleich der Untersuchungsergebnisse die Ursachen der Mißerfolge aufzuklären. Nur hierdurch lassen sich die Gründe von Fehlgüssen feststellen, da die Eignung der Aufbereitungsmaschinen für den jeweils benutzten Sand verschieden ist. Die genauen Kennzeichen eines Formsandes, wie er durchschnittlich von der Grube angeliefert werden kann, werden durch chemische und physikalische Prüfverfahren festgestellt.

In der Folge wären nur wesentliche Abweichungen zu ermitteln. Ein solches Mittel beruht auf der Feststellung der Sandstufung, d. h. der Abscheidung der jeweiligen Mengen ein und derselben Sandkorngröße mittels Schlämmverfahrens. Eine derartig leicht handhabbare Vorrichtung hat L. Treuheit[2] geschaffen, mit der es möglich ist, die Bestimmung der einzelnen Größenklassen, und zwar bis 0,025 mm Dmr., in kürzester Zeit durchzuführen.

Die Bindefestigkeit gibt darüber Aufschluß, ob der im Sand enthaltene Ton noch die ihm eigene Bindefähigkeit hat. Durch das allmählich fortschreitende Brennen des Tones beim Abgießen verliert er nach und nach diese Eigenschaft und nimmt den Charakter von Schamottemehl an, das als porenverstopfend schädlich wirkt und das man durch Windsichter vorteilhaft zur Ausscheidung bringt. Von den zahlreichen Verfahren zur Bestimmung der Bindefestigkeit hat sich die von Doty geschaffene Versuchseinrichtung bestens bewährt.

Hierbei wird eine bestimmte Menge Sand mit bekanntem Festigkeitsgehalt gleichmäßig geformt und der erhaltene Stab über eine scharfe Kante durch Eigengewicht gebrochen; die einzelnen Bruchstücke werden gewogen und das Durchschnittsgewicht, stets auf trocknen Sand bezogen, der Berechnung zugrundegelegt. Nimmt man 500 g gleich 100 vH Bruchfestigkeit an, eine Zahl, die selten erreicht werden dürfte, so erhält man mit den jeweils sich ergebenden Gewichtszahlen der Bruchstücke relative Werte für die Bindefestigkeit. Von großer Bedeutung für die Größe der Bindefestigkeit ist die jeweilige Feuchtigkeit des Sandes oder des Sandgemisches.

Zum Nachprüfen der ausgeführten Stampfarbeit bedient man sich einer Vorrichtung, die sich an die bekannte Brinellsche Kugeldruckprobe vorbildlich anlehnt und die L. Treuheit in zwei Gebrauchsformen als Wagerecht- und Senkrechtprüfer ausgestaltet hat. Bei dem Prüfer ist als eindringender Körper eine Stahlkugel von 20 mm Dmr. gewählt, deren gleichbleibende Belastung 500 g beträgt; die durch das Eindringen der Stahlkugel hervorgerufene Kalottenhöhe steht im umgekehrten Verhältnis zur Härtezahl der Formwandung.

Über Gasdurchlässigkeit fehlen bisher sichere Versuchsbedingungen. Man wird auch von einer Bestimmung der Gasdurchlässigkeit im Betrieb absehen können, da das jedesmal erfolgende Abgießen eine solche Probe im Großen ist. Es darf nicht außer Acht gelassen werden, daß Gasdurchlässigkeit und Bindefestigkeit eines Formsandgemisches, für sich allein ermittelt und nicht in Beziehung zu einander gebracht, sich in ihrem Höchstmaß zuwiderlaufen; daher wird man danach zu trachten haben, einen Höchstwert in bezug auf beide Eigenschaften praktisch anzustreben. Über die Feuerbeständigkeit des Formsandes kann im allgemeinen hinweggangen werden, wird doch die Schmelztemperatur eines guten Formsandes beim Vergießen nur dann erreicht, wenn er durch hinzugekommene Flußmittel verunreinigt wird oder wenn ein zu stark eisenhaltiger Frischsand zur Sandmischung hinzugekommen war. Stark glaukonithaltige, sonst gut verformbare Sande neigen wegen ihres Alkaligehaltes leicht zum Anfritten.

Zusammengefaßt kann gesagt werden, daß die Prüfung des Formsandes im frischen Zustande nur einen beschränkten Wert hat; das Ergebnis der wirtschaftlichen Mischung frischen Sandes mit Altsand muß zugrundegelegt werden. Ist erst einmal durch eingehende Festlegung der Sandmischungen unter Einhaltung bestimmter Wasserzusätze eine Norm geschaffen und wird dies von den Betriebstellen peinlichst eingehalten, so wird ein Erfolg nicht ausbleiben, zumal wenn dabei auch eine betriebstechnische Überwachung nebenher geht, die sich auf die maschinelle Einrichtung der Sandaufbereitungs-Vorrichtungen und auf die verschiedenen Formmaschinen-Ausführungen zu erstrecken hat. [N 956] Gw.

[1] Nach einem Vortrag von Prof. Dr. Aulich, gehalten im Verein Deutscher Eisengießereien.

[2] „Die Gießerei" Bd. 10 (1923) S. 511.

Flüssigkeitsgetriebe für Ölmotor-Lokomotiven.

Von Dipl.-Ing. Th. Müller, Winterthur.

Einleitend werden Betrachtungen über vorgeschlagene Übertragungsmittel für Motorlokomotiven, besonders über Flüssigkeitsgetriebe angestellt. Eine neue Lösung wird in dem Schneider-Getriebe bekannt gegeben, das auf einer zweckmäßigen Verbindung von hydraulischer und mechanischer Zusammenwirkung beruht. Beschreibung des 500 PS-Versuchsgetriebes. Zusammenhang der Drehzahlen, des Hubes, der Drehmomente und der Leistungen, Betriebsmöglichkeiten und besondere Eigenschaften. Ergebnisse der Abnahmeversuche von Prof. Ostertag; Wirkungsgrade 87 bis 98 vH. Beschreibung der 500 PS-Versuchslokomotive und ihrer Betriebverhältnisse.

Einleitung.

Die Frage der Groß-Ölmotorlokomotive beschäftigt seit zwei Jahrzehnten die technische Welt. Die bis heute gebauten Versuchslokomotiven größerer Leistung zeigen eine Reihe von Mißerfolgen und Fehlschlägen. Aber auch Motorlokomotiven kleiner Leistungen brachten keine einwandfreien wirtschaftlichen Lösungen.

Die Hauptschwierigkeit, die sich der Verwendung des Dieselmotors zum Antrieb von Lokomotiven entgegenstellt, liegt darin, daß der Ölmotor nicht unter Last anfahren kann und daß mechanische Kupplungen und Zahnrädergetriebe mit veränderlicher Übersetzung, wie sie sich im Kraftwagen bewährt haben, bei den großen Leistungen und Gewichten der Lokomotiven vollständig versagen. Die Motorfrage kann als gelöst betrachtet werden, seit die schnellaufenden Unterseebootmaschinen auf die im Kriege bewiesene hohe Leistungsfähigkeit gebracht worden sind.

Heute sind von verschiedenen Werken aller Länder Ölmotorlokomotiven von den kleinsten bis zu recht großen Einheiten im Bau. Die meisten Versuchslokomotiven haben elektrische Übertragung, bei einigen andern wird versucht, mit Flüssigkeitsgetrieben, besonders demjenigen von Lentz ans Ziel zu kommen, während Übertragung der Leistung mit Dampf und Druckluft fast nur einen beliebten Gegenstand für theoretische Studienarbeiten bildet.

Die elektrische Übertragung bietet bezüglich Betriebsmöglichkeit keine besondern Schwierigkeiten, alle Einzelteile sind aus andern Arbeitsgebieten bekannt. Der Wirkungsgrad der Übertragung kann unter günstigen Umständen bis gegen 80 vH betragen, aber die elektrische Anlage wird sehr teuer, schwer, verwickelt und ist für große Leistungen neben dem Ölmotor und seinen Hilfsmaschinen nicht mehr in dem zur Verfügung stehenden, beschränkten Raum unterzubringen. Aus diesem Grunde sind die Zukunftaussichten der elektrischen Übertragung gering, doch werden vorerst dieselelektrische Lokomotiven zur Einführung des Ölmotors in den Eisenbahnverkehr gute Dienste leisten.

Das seit vielen Jahren bekannte und vielseitig durchprobte Lentz-Getriebe hat die Erwartungen nicht erfüllt, und die vorausgesagten hohen Wirkungsgrade blieben Prophezeiungen. Kapselgetriebe größerer Leistungen zeigen auch große bauliche und mechanische Schwierigkeiten.

Aber auch andre Flüssigkeitsgetriebe, wie z. B. Kolbengetriebe von Hele Shaw und Janney, sind bis jetzt nur für kleine Leistungen gebaut worden und bieten bei größern Leistungen ebenfalls bauliche Schwierigkeiten. Alle bekannten Flüssigkeitsgetriebe, die größere Drehzahl- und Drehmomentänderungen, wie sie bei Fahrzeugen gebraucht werden, ermöglichen, weisen große Gewichte auf und brachten es nur ausnahmsweise bei einer günstigsten Drehzahl auf über 70 vH Wirkungsgrad. All den vielen Veröffentlichungen über Flüssigkeitsgetriebe, die sich für Motorlokomotiven eignen sollen, fehlen genaue Angaben über Wirkungsgrade aus anerkannten Messungen.

Bei Flüssigkeitswechsel- und Wendegetrieben kleinerer Leistung, die z. B. zum Antrieb von Werkzeugmaschinen, Hebezeugen und andern Arbeitsmaschinen aller Art dienen können und welche die Bedienung sehr erleichtern, kommt dem Wirkungsgrad eine untergeordnete Bedeutung zu. Bei den großen Leistungen der Ölmotorlokomotiven ist die Wirtschaftlichkeit des Betriebes aber vom Wirkungsgrad des Getriebes in erster Linie abhängig.

Nachstehend wird nun über das neue Schneider-Getriebe und die von unabhängiger Seite ermittelten Versuchsergebnisse berichtet. Danach werden alle die scheinbar unüberwindlichen Schwierigkeiten, die sich dem Bau von Großöllokomotiven in den Weg stellten, durch dieses Getriebe gelöst.

Schneider-Getriebe.

Das Schneider-Getriebe ist ein neuartiges hydraulisches Geschwindigkeits-Wechsel- und -Wendegetriebe und unterscheidet sich grundsätzlich von den hydraulischen Getrieben von Lentz, Janney, Hele Shaw usw. dadurch, daß Primär- und Sekundärgetriebe mechanisch miteinander gekuppelt sind, wodurch von vornherein eine Verbesserung des Wirkungsgrades um 10 bis 20 vH gesichert ist.

Die hydraulischen Wechsel- und Wendegetriebe von Lentz, Janney, Hele Shaw usw. bestehen aus einer treibenden und einer getriebenen Pumpe. In diesen wird die gesamte eingeführte Leistung zur Erzeugung von hydraulischer Druck- und Geschwindigkeitsenergie aufgewendet, die in der zweiten Pumpe, die als Motor arbeitet, wieder als mechanische Arbeit an die getriebene Welle abgegeben wird, wobei zum Wechseln der Geschwindigkeit die Fördermenge und der Druck des Treiböls durch beliebige Mittel verändert werden. Bei diesen Getrieben erfolgt die gesamte Energieübertragung hydraulisch.

Während bei diesen hydraulischen Getrieben nur das Sekundärgetriebe mechanisch mit der getriebenen Welle und das Primärgetriebe mechanisch mit der Motorwelle verbunden ist und beide Getriebeteile nur hydraulisch, d. h. durch Rohrleitungen und Kanäle miteinander in Verbindung stehen, sind im Schneider-Getriebe sowohl Sekundär- wie Primärgetriebe mit der getriebenen Welle und miteinander durch Zahnräder verbunden, und die beiden Getriebeteile stehen ebenfalls durch Rohrleitungen hydraulisch miteinander in Verbindung.

Dadurch wird ermöglicht, daß auch das Primärgetriebe Leistung unmittelbar ohne hydraulische Umsetzung auf die Blindwelle übertragen kann, und ferner wird ermöglicht, daß das Primärgetriebe wie das Sekundärgetriebe sowohl als treibende wie als getriebene Pumpe arbeiten kann, woraus sich besonders vorteilhafte Betriebsverhältnisse ergeben.

Im Schneider-Getriebe wird bei allen Geschwindigkeiten wenigstens ein Teil der eingeführten Leistung auf mechanischem Weg unmittelbar, ohne hydraulische Umsetzung auf die Triebwelle übertragen und nur der Restteil durch hydraulische Umsetzung mittels treibender und getriebener Pumpe der Triebwelle zugeführt. Der hydraulisch übertragene Leistungsanteil wird durch beliebige Mittel von einem Nullwert bis zu einem Höchstwert zum Wechseln der Übersetzung in bekannter Weise verändert, so daß wenigstens bei einer Geschwindigkeit oder einer Übersetzung die hydraulische Umsetzung ganz vermieden und die gesamte Leistung rein mechanisch übertragen wird; hydraulische Verluste treten deshalb hierbei nicht auf.

Da immer ein Teil der Leistung mechanisch und nur der Restteil hydraulisch übertragen wird, so erhöht sich der gesamte Übertragungswirkungsgrad bei allen Geschwindigkeiten gegenüber der rein hydraulischen Übertragung der bekannten Getriebe, und zwar in einem Verhältnis, das den beiden Leistungsanteilen entspricht.

Die erste Ausführung des Schneider-Getriebes ist das 500 PS-Getriebe, das in Abb. 1 bis 4 dargestellt ist und von der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur ausgeführt wurde. Es ist für eine 500 PS-Ölmotorlokomotive bestimmt. Die Gehäuse der beiden Getriebeteile aus Stahlguß sind zwischen die Lokomotivrahmen gebaut.

Das Primärgetriebe ist mit der in der Längsrichtung der Lokomotive liegenden Kurbelwelle der Ölmaschine gekuppelt, das Sekundärgetriebe mit seiner Drehachse in der Querrichtung der Lokomotive angeordnet. Dabei wird die mechanische Leistung des Primärgetriebes mittels Stirnradvorgeleges und Winkelgetriebes, diejenige des Sekundärgetriebes mittels Stirnzahnrädern auf die Blindwelle übertragen. In den Druck- und Saugleitungen, durch welche die beiden Getriebe miteinander verbunden sind, sind Steuerhähne vorgesehen, mit denen das Getriebe auf Leerlauf eingestellt oder das Sekundärgetriebe ausgeschaltet und entlastet werden kann. Damit mit der Lokomotive unter den günstigsten Arbeitsbedingungen des Getriebes vorwärts und rückwärts gefahren werden kann, sind auf der Blindwelle zwei Kegelräder (vergl. Abb. 2) vorgesehen, die auf einer auf der Blindwelle verschiebbaren Hohlwelle sitzen. Durch eine Schaltvorrichtung kann das eine oder andre in Eingriff mit dem Kegelrad der Vorgelegewelle gebracht werden.

Diese Anordnung des Getriebes erlaubt die Aufstellung einer üblichen Reihenölmaschine in der Längsrichtung der Lokomotive von verhältnismäßig großer Leistung, da nur das Drehmoment des Primärgetriebes über Kegelräder auf die Blindwelle übertragen werden muß, während das Drehmoment des Sekundärgetriebes, das wesentlich höhere Werte als das Primärdrehmoment annimmt, unmittelbar durch Stirnzahnräder auf die Blindwelle übergeleitet wird.

Abb. 1. Längsschnitt des Primärgetriebes und Querschnitt des Sekundärgetriebes und der Blindwelle.

Abb. 3. Wagerechter Schnitt durch das Primär- und Sekundärgetriebe (obere Hälfte) und durch die Blindwelle und die Vorgelegewelle (untere Hälfte).

Beschreibung der Getriebe.

Primärgetriebe. In dem feststehenden Gehäuse läuft auf Rollenlagern der Primärdrehkörper; er ist mit Zahnkränzen versehen, die mit den Stirnrädern der Vorgelegewelle im Eingriff stehen. In diesem Gehäuse ist konzentrisch durch ein zweites Paar Rollenlager die mit der Motorwelle unmittelbar gekuppelte hohle Kurbelwelle des Getriebes gelagert, Abb. 5. Auf dem Kurbelhals sitzt der Sternzylinderblock, Abb. 2, aus sechs Zylindern bestehend. Seine Kolben sind mit Pleuelstangen an dem Drehkörper angelenkt. Durch diese Anordnung wird sich der Mittelpunkt des Zylinderblocks relativ zum Drehkörper auf dem Kurbelkreise bewegen. Durch drei parallel zur Hauptkurbel im Drehkörper gelagerte Hilfskurbeln werden noch weitere Punkte des Zylinderblocks in gleicher Weise geführt, so daß der Zylinderblock eine „scheuernde" Relativbewegung gegenüber dem Drehkörper ausführt. Die Kurbelwelle aus vergütetem Stahlguß ist als Hohlkörper ausgebildet und dient dem Zu- und Ablauf des Getriebeöles. An ihren Enden sind für diesen Zweck Labyrinthdichtungen (Stopfbüchsen) vorgesehen, die dem Öl erlauben, ohne merkliche Undichtheitsverluste aus der umlaufenden Welle in das feststehende Gehäuse überzutreten, von wo Rohrleitungen zu dem Sekundärgetriebe führen. Über den beiden Stopfbüchsen sind Windkessel sowie Sicherheitsventile angebracht, die bei zu hohem Öldruck das Öl in das Gehäuse überfließen lassen.

Sekundärgetriebe. In dem feststehenden Gehäuse läuft auf Rollenlagern, wie beim Primärgetriebe, der Drehkörper, der mit Zahnkränzen versehen ist; diese stehen

Abb. 2.
Querschnitt des Primärgetriebes und Längsschnitt des Sekundärgetriebes und der Blindwelle.

wieder mit den Stirnrädern der Blindwelle in Eingriff, Abb. 2. Die der Kurbelwelle des Primärteiles entsprechende hohle Achse führt keine drehende Bewegung aus, sie kann gegenüber der Achse des Drehkörpers radial verschoben werden und wird dabei in Kulissen des Gehäuses geführt. Bei dieser Verschiebung, die durch Servomotoren bewerkstelligt wird, bewegen sich die freien Enden der Rohrkrümmer in Stopfbüchsen der anschließenden Getriebeölleitungen. Diese Achse wird von dem zweireihigen Sternzylinderblock umschlossen, dessen Kolben durch Pleuelstangen mit dem Drehkörper verbunden sind. Ähnlich wie beim Primärgetriebe wird auch hier der Zylinderblock durch Hilfskurbeln zur scheuernden Relativbewegung gegenüber dem Drehkörper gezwungen; nur sind hier, der verstellbaren Achse entsprechend, die Hilfskurbeln verstellbar ausgebildet. Diese werden im Sekundärdrehkörper und einem exzentrisch gelagerten, sternförmigen Hilfsdrehkörper parallel geführt; jede der Hilfskurbeln hat eine Kulisse, in welcher der auf dem entsprechenden Zapfen des Zylinderblocks sitzende Stein gleitet und so eine freie Verschiebung des Zylinderblocks gegenüber dem Sekundärdrehkörper erlaubt, unter gleichzeitiger Einhaltung der scheuernden Relativbewegung zwischen den beiden.

In beiden Getrieben sind die von der Kurbelwelle oder -achse aus zum Zylinder führenden Steuerkanäle so ausgebildet, daß eine fast vollkommene Entlastung zwischen Kurbelhals und Zylinderblock erzielt wird, so daß Gleitlagerreibungsverluste im ganzen Getriebe auf einen Mindestwert gebracht werden.

Durch die Zahnrädergetriebe, Vorgelegewelle und Blindwelle sind die Drehkörper der beiden Getriebe mechanisch zwangläufig gekuppelt, so daß deren Umlaufzahlen dauernd im gleichen Verhältnis zueinander stehen.

W i r k u n g s w e i s e. Beim Stillstand der Lokomotive wird der Drehkörper des Primärgetriebes durch die Zahnkränze festgehalten, während die mit dem Motor unmittelbar gekuppelte Kurbelwelle sich dreht. In Abb. 2 ist die Kurbel in ihrer Höchstlage gezeichnet. Bewegt sie sich nach der einen oder andern Richtung, so wird der Zylinderstern mitgenommen und auf der einen Seite von den Kolben weggezogen, auf der andern gegen sie gedrückt, wobei er dem Drehkörper gegenüber die oben beschriebene scheuernde Bewegung ausführt. Die Flüssigkeit in den Zylindern der einen Hälfte des Sterns kommt unter Druck, während die Zylinder der andern Flüssigkeit ansaugen. Der Kurbelhals ist nichts andres als ein Drehschieber und bewirkt selbsttätig die richtige Verbindung der unter Druck stehenden Zylinder mit der Druckleitung. Mit dem Drehsinn der Welle vertauschen sich Saug- und Druckraum.

Wird dagegen die Kurbelwelle festgehalten, der Drehkörper freigegeben und auf der einen Seite Druckflüssigkeit zugeführt, so suchen, wie man sieht, die Kolben der einen Hälfte des Zylindersternes gegen den Drehkörper zu drücken und ihn in Drehung zu versetzen. In diesem Fall arbeitet das Getriebe also als Motor. Dabei kann natürlich auch die Kurbelwelle sich drehen, wenn ihr nur der Drehkörper in dieser Bewegung voraneilt.

Wird bei festgehaltener Kurbelwelle der Drehkörper vom Zahnradgetriebe aus angetrieben, so arbeitet er wie im ersten Fall als Pumpe.

Das Sekundärgetriebe hat genau die gleiche Wirkungsweise. Es kann als Motor oder als Pumpe arbeiten, je nachdem die Flüssigkeit oder der Drehkörper treibt, aber nur wenn die Achse aus der Drehkörpermitte verschoben ist. Steht sie zu dieser konzentrisch, so ist jede Leistungsaufnahme und -abgabe ausgeschlossen.

Wechselseitige Wirkung.

L e e r l a u f. Durch Verbindung des Saug- und des Druckraumes des Primärgetriebes wird jede Leistungsaufnahme verhindert. In diesem Falle läuft das Getriebe leer.

Abb. 4. Schneider-Getriebe für 500 PS.

Abb. 5. Zylinderblöcke, Hohlwellen und Kolben des Schneider-Getriebes.

Regellauf (unmittelbare Fahrt). Wird die Druckleitung, die vom Primärteil weggeht, geschlossen, so müssen Drehkörper und Zylinderblock miteinander umlaufen, da sich die Flüssigkeit wie ein starrer Körper zwischen diese beiden Getriebeteile legt. Dabei wird die ganze Leistung des Motors unmittelbar über die Stirnräder und das Kegelradgetriebe auf die Blindwelle übertragen, unter Vermeidung jeder Flüssigkeitsbewegung. Die Zahnradübersetzungen sind so gewählt, daß diesem Betriebzustand die Regelgeschwindigkeit der Lokomotive entspricht, so daß eine hohe Wirtschaftlichkeit der Übertragung gesichert ist.

Langsamlauf. Dieser Zustand wird durch Zusammenwirken der beiden Getriebe erreicht. Der Drehkörper der Primärseite läuft langsamer, als der Regelgeschwindigkeit entspricht, so daß zwischen Zylinderblock und Drehkörper jene Relativbewegung stattfindet, die das Primärgetriebe als Pumpe arbeiten läßt. Dabei wird einerseits der Rückdruck auf den Drehkörper durch die Zahnräder auf die Blindwelle übertragen und anderseits die geförderte Flüssigkeit in das Sekundärgetriebe gedrückt, dessen Hub der Fördermenge angepaßt werden muß, und leistet dort Arbeit, die über die Stirnräder an die Blindwelle gelangt. Verlustfreies Arbeiten vorausgesetzt, müssen sich die im Primärgetriebe gespaltenen Leistungen an der Blindwelle wiederfinden und zu jener Volleistung ergänzen, die an die Kurbelwelle des Primärgetriebes vom Antriebmotor abgegeben wird.

Schnellauf, bei dem sich die Blindwelle rascher als im Normalgang dreht, sowie der Rückwärtsgang der Blindwelle ohne Umschaltung der Kegelräder sollen weiter unten behandelt werden.

Berechnung des Schneider-Getriebes.

Alle Betriebzustände können an der Hand der folgenden Entwicklungen leicht übersehen werden, die der Einfachheit halber unter Voraussetzung verlustfreien Arbeitens des ganzen Getriebes durchgeführt werden sollen.

1. Abhängigkeit der Blindwellendrehzahl vom Hub des Sekundärgetriebes.

Im Primärteil wird die Leistung des Ölmotors in den mechanischen und in den hydraulischen Teil gespalten. Da die Anordnung, bestehend aus der Kurbelwelle des Primärteiles, dem Zylinderblock und dem Primärdrehkörper, als Ganzes genommen, von außen her das Motordrehmoment empfängt und nur an den Stirnrädern ein Moment abgeben kann, so folgt aus dem Wechselwirkungsgesetz, daß das von den Stirnrädern des Primärdrehkörpers abgegebene Moment stets gleich dem Motordrehmoment sein muß. Daraus ergibt sich, daß bei unveränderlichem Drehmoment des Motors der Öldruck wegen der unveränderlichen Exzentrizität der Kurbelwelle unveränderlich sein muß und weiter, daß die vom Primärgetriebe abgegebene mechanische Leistung N_m im Verhältnis der Blindwellendrehzahl n_s wächst, Abb. 6.

Führt die Kurbelwelle eine Relativumdrehung gegenüber dem Drehkörper aus, so beschreiben alle Kurbelzapfen der Pleuelstangen im Drehkörper relativ zum Zylinderstern volle Kreise mit der Exzentrizität als Halbmesser. Als eigentliche Pumpendrehzahl kommt also die unterschiedliche Umlaufzahl des Drehkörpers in bezug auf die Kurbelwelle in Betracht. Hat das Primärgetriebe z_1 Zylinder vom Durchmesser d_1 und einen Kolbenhub s_1, so beträgt seine Fördermenge für die Differenzdrehzahl $n_m - n_1$, vergl. Abb. 7,

$$V_1 = (n_m - n_1)\, z_1 \frac{\pi}{4} d_1^2 s_1 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (1).$$

Diese Fördermenge enthält die hydraulische Leistung N_h, die vom Primärgetriebe beim Langsamlauf abgegeben wird. Sie entspricht der Restleistung, die nach Abzug der unmittelbar übertragenen mechanischen Leistung von der Motorleistung noch übrig bleibt. Sie nimmt mit steigender Drehzahl der Blindwelle ab, um beim Regelgang = 0 zu werden, Abb. 6. Beim Langsamlauf bleibt der Drehkörper gegen

Abb. 6. Leistungs- und Hubkurven über der Blindwellendrehzahl n_s.

Abb. 7. Zahnradgetriebeschema.

die Kurbelwelle zurück. Wenn dagegen der Primärdrehkörper der Kurbel voraneilt, nimmt das Getriebe Flüssigkeit auf; es wirkt als Motor. In Übereinstimmung hiermit ergibt Gl. (1) für $n_1 > n_m$ negative Werte für die Fördermenge V_1.

Läuft der Drehkörper in entgegengesetzter Richtung wie die Kurbelwelle, dem Rückwärtsgang der Blindwelle entsprechend, so kann die Pumpenleistung auf jede beliebige Größe gebracht werden, der nur praktische Grenzen gesetzt sind. In Gl. (1) ist für diesen Fall n_1 mit negativem Vorzeichen einzuführen. Nebenbei sei bemerkt, daß von den beiden Verbindungsölleitungen zwischen Primär- und Sekundärgetriebe stets die eine als Druckleitung, die andre als Saugleitung dient bei gleichbleibendem Drehsinn der Primärwelle und bei allen Betriebszuständen, weil die Motorwelle sich stets in gleichem Sinne dreht.

Das geförderte Volumen wird vom Sekundärgetriebe aufgenommen und bestimmt seinen Hub. Man hat dafür:

$$V_2 = n_2 z_2 \frac{\pi}{4} d_2^2 s_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2).$$

In dieser Formel sind n_2 und s_2 die veränderlichen Größen. Die aufgenommene Flüssigkeitsmenge wird für $s_2 = 0$ ebenfalls null, und für negative Werte von s_2 wird sie negativ; das Getriebe arbeitet dann als Pumpe (bis zu einer gewissen Größe von s_2). Ihm muß dann von der Blindwelle aus ein Drehmoment zugeführt werden. Ist aber außer s_2 auch n_2 negativ — dem Rückwärtsgang der Blindwelle entsprechend —, so wird V_1 wieder positiv: das Getriebe nimmt Flüssigkeit auf und wirkt wie beim ersten Falle als Motor.

Weil $V_1 = V_2$ sein muß, hat man:

$$(n_m - n_1)\, z_1 d_1^2 s_1 = n_2 z_2 d_2^2 s_2 \quad \ldots\ldots (3),$$

$$n_m - n_1 = n_2 \frac{z_2 d_2^2 s_2}{z_1 d_1^2 s_1} = n_2 k_2 s_2 \quad \ldots\ldots (4);$$

hierin ist

$$k_2 = \frac{z_2 d_2^2}{z_1 d_1^2 s_1} = \frac{2 \times 14^2}{1 \times 14^2 \times 6} = \frac{1}{3} = 0{,}333 \text{ cm}^{-1};$$

n_1 und n_2 stehen in festem Verhältnis zur Drehzahl n_s der Blindwelle. Es ist (vergl. Abb. 7):

$$n_1 = n_s \frac{D_6 D_4}{D_5 D_1} = n_s \frac{861{,}6 \times 700}{495 \times 700} = 1{,}74\, n_s,$$

$$n_2 = n_s \frac{D_3}{D_2} = n_s \frac{1136{,}9}{601{,}27} = 1{,}89\, n_s;$$

damit bekommt man:

$$n_m - 1{,}74\, n_s = 1{,}89\, n_s \times 0{,}35\, s_2 = 0{,}630\, n_s s_2$$

$$n_s s_2 + n_s \frac{1{,}74}{0{,}63} - \frac{n_m}{0{,}63} = 0,$$

$$n_s s_2 + n_s a - b = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5).$$

Diese Gleichung zeigt, daß s_2 als Funktion von n_s betrachtet, eine Hyperbel darstellt. Sie ist in Abb. 6 eingetragen. Bei Vollast ist $n_m = 400$ Uml./min und somit wird Gl. (5)

$$n_s s_2 + n_s \cdot 2{,}76 - 635 = 0$$

und

$$s_2 = \frac{635}{n_s} - 2{,}76 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (6).$$

(s_2 in cm, n_s in Uml./min)

In dieser Gleichung sind den Werten s_2 und n_s sowohl was Größe, als auch was Vorzeichen angeht, theoretisch keine Grenzen gesetzt, wie aus der Besprechung der Gl. (1) und (2) hervorgeht. Die Hyperbel wird durch folgende Kennpunkte festgelegt:

a) $s_2 = 0$ $n_s = 230$ Uml./min
b) $s_2 = +6$ cm $n_s = 72{,}5$ Uml./min (größter Hub)
c) $s_2 = -2{,}76$ cm $n_s = \infty$
d) $s_2 = -6$ cm $n_s = -195$ Uml./min
e) $s_2 = \infty$ $n_s = 0$.

Aus Abb. 6 kann ohne weiteres der zum Erreichen einer beliebigen Drehzahl n_s der Blindwelle im Sekundärgetriebe einzustellende Hub s_2 abgelesen werden.

Abb. 8. Momentenkurven über der Blindwellendrehzahl n_s.

2. Mit den Zahnrädern übertragene Drehmomente.

Das Drehmoment an den Stirnrädern des Primärdrehkörpers ist unveränderlich und gleich dem Motordrehmoment, Abb. 8. Es gelangt, im Verhältnis 1 : 1,74 vergrößert, an die Blindwelle,

$$M_I = M_m \times 1{,}74.$$

Nun ist

$$M_m = 71\,620 \frac{N_m}{n_m} = 71\,620 \cdot \frac{500}{400} = 90\,000 \text{ cmkg},$$

somit

$$M_I = 90\,000 \times 1{,}74 = 156\,000 \text{ cmkg}.$$

Das Drehmoment am Sekundärdrehkörper ist der Exzentrizität der Achse verhältnisgleich. Da der zweireihige Zylinderstern des Sekundärteiles die doppelte Zylinderzahl desjenigen des Primärteiles aufweist, der Öldruck und der größte Hub einander gleich sind, so ist das Höchstmoment am Sekundärdrehkörper doppelt so groß wie jenes am Primärdrehkörper. Das an die Blindwelle bei einem beliebigen Hub s_2 abgegebene Drehmoment wird wegen der Zahnradübersetzung ins Langsame von 1 : 1,89:

$$M_{II} = 2\, M_m \frac{s_2}{s_{2\max}} \times 1{,}89,$$

wobei s_2 positiv oder negativ sein kann und damit auch M_{II}. Der größte Wert von M_{II} wird

$$M_{II\max} = 2 \cdot 90\,000 \times 1{,}89 = 340\,000 \text{ cmkg},$$

$$M_{res.} = M_I + M_{II}.$$

Die Einzelmomente M_I und M_{II} sowie das resultierende Moment $M_{res.}$ sind in Abb. 8 eingetragen.

Die Gleichung für das resultierende Moment enthält alle Betriebsfälle, nämlich:

1) Regelgang (unmittelbar gekuppelt):
$n_s = 230$ Uml./min; $M_{II} = 0$; $M_{res.} = M_I$ pos.
2) Langsamlauf:
$n_s < 230$ Uml./min; M_{II} pos.; $M_{res.}$ pos.; M_I pos.
3) Schnellauf:
$n_s > 230$ Uml./min; M_{II} neg.; $M_{II} < M_I$; $M_{res.}$ pos.
4) Rückwärtsgang:
n_s negativ; M_{II} neg.; $M_{II} > M_I$; $M_{res.}$ neg.

Die Betriebsfälle.

1. Regelgang (unmittelbar):

$$n_s = 230 \text{ Uml./min}; \quad s_2 = 0.$$

Wie schon oben besprochen, ist die hydraulische Leistung = 0, entsprechend Punkt a der Abb. 6. Die Blindwelle erhält das Regelmoment und erzeugt am Radumfang die Regelkraft. In diesem Fall ist der Wirkungsgrad der Energieübertragung von der Motorwelle zur Blindwelle am größten. Wird das Sekundärgetriebe durch Schließen des Hahnes in der Verbindungsleitung vollständig vom Primärgetriebe abgeschaltet und vom Druck entlastet, so erhöht sich dieser Wirkungsgrad, da dann die Undichtheits- und Reibungsverluste im Sekundärgetriebe wegfallen.

2. Langsamlauf:

$n_s < 230$ Uml./min; s_2 positiv.

Vom Primärgetriebe her gelangt das Moment M_I an die Blindwelle. Mit dem vom Sekundärgetriebe kommenden Momente M_{II} vereinigt, wirkt es auf das Triebwerk der Lokomotive und erzeugt am Radumfang eine größere als die Regelzugkraft. Das resultierende Moment $M_{res.}$ an der Blindwelle nimmt mit abnehmender Drehzahl n_s hyperbolisch zu und erreicht beim Maximalhub des Sekundärgetriebes seinen größten Wert, der gleich dem 3,2fachen des normalen Momentes M_I ist; die Blindwelle läuft dabei mit 72,5 Uml./min. Bei weiter abnehmender Geschwindigkeit kann die Zugkraft nicht weiter gesteigert werden, da das Sekundärgetriebe kein größeres Moment abgeben kann, als dem größten Hub entspricht, und weil der Öldruck unveränderlich ist. Von 72,5 Uml./min an abwärts ist die Schluckfähigkeit des zweiten Getriebes erschöpft, so daß zur weiteren Verminderung der Blindwellendrehzahl die Drehzahl des Ölmotors herabgesetzt werden muß.

3. Schnellauf:

$n_s > 230$ Uml./min.

In diesem Falle muß der Primärdrehkörper der Kurbelwelle voraneilen können. Diese Möglichkeit vorausgesetzt, leuchtet es ein, daß das vom Primärgetriebe her an der Blindwelle immer zur Verfügung stehende Moment M_I dort in zwei Teile gespalten und zum Teil an die Triebachse, zum andern Teil an den Sekundärdrehkörper abgegeben werden kann, so daß das Sekundärgetriebe, bei entsprechender Einstellung des Hubes auf die negative Seite, als Pumpe läuft und Flüssigkeit in das Primärgetriebe fördert, um es dort dem Drehkörper zu ermöglichen, der Kurbelwelle, die mit der Drehzahl des Antriebmotors läuft, voranzueilen. Der Kreislauf der Leistungen ist also geschlossen. Während die mechanische Leistung des Primärteils bzw. der Vorgelegewelle über die Motorleistung N_m hinauswächst, gibt das Primärgetriebe keine hydraulische Leistung mehr ab, empfängt vielmehr solche vom Sekundärgetriebe und gibt sie in Form von mechanischer Leistung über die Blindwelle an das Sekundärgetriebe zurück.

Bei diesem Betriebzustand, z. B. bei $n_s = 300$ Uml./min, ist die Relativdrehzahl: $n_m - n_1 = 400 - 1{,}74 \times 300 = -120$, verhältnismäßig klein, $n_2 = 1{,}89 \times 300 = 570$ aber sehr groß, so daß ein ganz kleiner negativer Hub im Sekundärgetriebe genügt, eine hinreichende Menge Flüssigkeit an das Primärgetriebe zu liefern. Die Drehgeschwindigkeit der Blindwelle nimmt mit negativ wachsendem Hub sehr rasch zu und wird theoretisch für den Hub $s_2 = -27{,}6$ mm unendlich groß.

4. Rückwärtsgang:

n_s negativ; s_2 negativ.

Setzt man die widersinnig scheinende Möglichkeit des Rückwärtsganges der Blindwelle voraus, so dreht sich dabei der Primärdrehkörper entgegen der Kurbelwelle des Primärteils. Aus oben schon angeführten Gründen wird trotzdem der Öldruck nicht steigen. Es ist klar, daß von dem Zahnrad der Vorgelegewelle aus Arbeit an den Primärdrehkörper abgegeben werden muß, um ihn der Kurbelwelle entgegenzutreiben. Diese zugeführte mechanische Arbeit erscheint aber wegen der über die Motordrehzahl hinaus erhöhten Relativdrehzahl des Zylindersterns in der vergrößerten hydraulischen Leistung wieder, so daß an das Sekundärgetriebe eine die Motorleistung übersteigende hydraulische Leistung abgegeben wird. Diese gelangt in Form mechanischer Leistung an die Blindwelle, wo ein Teil davon, von der Größe der ursprünglichen Motorleistung, an die Triebachsen geht, der andre aber über das Kegelradgetriebe zurück an den Drehkörper des Primärgetriebes geleitet wird, so daß er sich, wie oben verlangt, der Kurbelwelle entgegendrehen kann.

Während beim Langsamlauf vorwärts das vom Sekundärgetriebe kommende Moment M_{II} das Moment des Primärteils M_I in seiner Wirkung unterstützt, wirkt es beim Rückwärtsgang dem Momente M_I entgegen, wobei es natürlich größer sein muß als M_I. Wie Abb. 6 zeigt, beträgt beim höchsten negativen Hub (60 mm) die Drehzahl der Blindwelle 195 Uml./min. [B 92] (Schluß folgt.)

Deutsche Forschungsarbeit.

Um Doppelarbeit vorzubeugen und die bei der heutigen deutschen Wirtschaftslage gebotene Gemeinschaftsarbeit deutscher Forschungsstätten im Sinne seiner am 1. Februar v. J. in München gehaltenen Vortrages[1]) zu fördern, hat der Kurator und Vorsitzende des wissenschaftlichen Beirates des Vereines deutscher Ingenieure, Geh. Baurat Dr.-Ing. eh. G. Lippart, eine Umfrage an eine Reihe von Forschungsstätten gerichtet und darin um Bekanntgabe der im Gange befindlichen Arbeiten zur Veröffentlichung an dieser Stelle gebeten. Die ersten Mitteilungen sind daraufhin in Z. Bd. 68 (1924) auf S. 600, 1074 und 1249 erschienen.

Eine weitere Mitteilung ist kürzlich vom Geh. Regierungsrat Prof. L. Klein, Leiter des Maschinenlaboratoriums für Hebezeuge und Pumpen der Technischen Hochschule Hannover eingegangen. Wir verzeichnen diese als

Forschungsstätte XVI.

Arbeitsmöglichkeiten.

Im Laboratorium sind Hebe- und Fördermaschinen sowie Pumpen untergebracht, die Studienzwecken, der Forschung und auch zur Erledigung von Aufträgen aus der Industrie dienen.

Sämtliche notwendigen Meß- und Antriebmittel, nämlich in Drehzahl, Leistung und Spannung regelbare Motoren, Wellen-, Dampf- und Wasserleitungen sowie Vorrichtungen und Meßgeräte sind vorhanden; mehrere große Versuchsplatten, Versuchsgerüste und kleine Hilfsgründungen dienen zur Aufnahme der zu untersuchenden Pumpen und Hebezeuge.

Forschungsarbeiten.

Maschinenbau. Arbeitsmaschinen.

1. Untersuchungen über die Spurkranz- und Nabenreibung bei Laufkranen (b: in Arbeit).
2. Untersuchungen am Motorgreifer (b).
3. Wirtschaftlichkeit der Lokomotivkrane bei verschiedenen Antriebmaschinen (b).
4. Untersuchungen über die Materialbewegung in Eisengießereien unter besonderer Berücksichtigung der Förderkosten (b).
5. Wirtschaftlichkeit der Verfahren zum Be- und Entladen geschlossener Eisenbahnwagen (b).
6. Untersuchungen über die Druckverluste, die durchgehenden Wassermengen und die Strömungserscheinungen bei Pumpenventilen (b).
7. Wirkungsweise des Pulsometers (b).
8. Die Getriebereibung an Hebezeugen; Untersuchung der Wirkungsgrade für Heben und Senken (a: abgeschlossen, noch nicht veröffentlicht).

Veröffentlichungen.

„Beusch-Steinlager", Zeitschrift für Masch.-Bau-Betrieb 27. Dezember 1923, Bericht über vergleichende Versuche zwischen Weißmetallagern und Beusch-Steinlagern. Sie haben ergeben, daß im normalen Betriebe die Reibungsverhältnisse bei beiden Lagerarten annähernd gleich sind. Bei Ölmangel sind Steinlager erheblich günstiger gewesen als die gewöhnlichen Weißmetallager.

„Torsions-Dynamometer" Z. Bd. 68 Nr. 32 vom 9. August 1924. Bericht über die Eichung eines von der Vacuum-Öl-Aktiengesellschaft in Hamburg gebauten Torsions-Dynamometers.

XVII. Laboratorium für mechanische Technologie an der Technischen Hochschule Aachen, Leiter Prof. Dr.-Ing. F. Rötscher, macht folgende Mitteilungen:

Laufende Arbeiten.

Versuche aus dem gesamten Gebiete des Werkstoffprüfwesens. Versuche an Maschinen- und Bauteilen verschiedenster Art.

Forschungsarbeiten.

Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften von Aluminium und Aluminiumlegierungen. Untersuchungen über die Bildung von Druck und Zugkegeln, sowie die Bruchserscheinungen an Zug- und Druckproben in den Doktorarbeiten Riedel, Hohenschutz und Scholl. Beanspruchung von Rohren auf zusammengesetzte Festigkeit. Einfluß von Kerben an gezogenen, gedrückten und gebogenen Körpern. Strömungserscheinungen an Ventilen.

Veröffentlichungen.

Doktorarbeit Riedel: Mitteilungen über Forschungsarbeiten, Heft 141. Auszug aus Doktorarbeit Scholl: Z. Bd. 69 (1925) S. 406. [N 265]

[1]) Z Bd. 68 (1924) S. 89.

Von der Chemie des Schweißens[1].

Das Wesen von Oxydation und Reduktion — Flammenschweißung und elektrische Lichtbogenschweißung — Verhütung der Oxydation beim Schweißen — Reduktion und reduzierende Stoffe — Schlackenbildung — Flußmittel.

In der Institution of Welding Engineers hielt J. R. Booer am 12. Februar 1924 einen Vortrag über die Chemie des Schweißens, dem wir folgendes entnehmen:

Oxydation und Reduktion.

Oxydation und Reduktion beherrschen alle Vorgänge beim Schweißen, und deshalb ist es höchst bedauerlich, daß manche Schweißer die Begriffe „Oxydieren", „Reduzieren" und „Kohlung", ohne ihre wahre Bedeutung und ihre gegenseitigen Beziehungen zu verstehen, unterschiedlos durcheinander bringen. Bei Kohlenstoffstählen findet eine Oxydation statt, sobald eine gewisse Menge von Eisenkarbid in metallisches Eisen umgewandelt ist, obgleich dabei kein Eisenoxyd entstanden ist. Versucht man, die Entkohlung zu verhüten, so ist das chemisch der Verhütung einer Oxydbildung gleichzuachten. Je unedler ein Metall ist, bei desto niedrigerer Temperatur tritt die oxydierende Wirkung der Luft bereits ein und desto schneller steigt die Temperatur bei der die Oxyde zerfallen. Betrachten wir nun die Metalloxyde selbst:

Eisenoxyd oder Ferrioxyd (Fe_2O_3) enthält 30 vH Sauerstoff. Als Hydroxyd, der bekannte Eisenrost, entsteht es auch beim Schweißen mit dem Azetylen-Sauerstoff-Brenner und braucht einen Sauerstoffüberschuß. Da Eisenoxyduloxyd (Fe_3O_4) nur 27,5 vH Sauerstoff enthält, so steigert die Bildung von Fe_2O_3 beim Schweißen unnötigerweise die Kosten um den zu seiner Bildung nötigen Betrag Sauerstoff. Beim Schweißen entsteht Fe_3O_4 auf Eisen bei beginnender Rotglut und bildet sich sehr rasch an der freien Oberfläche des geschmolzenen Metalles. Sein Schmelzpunkt liegt erheblich niedriger als der von Eisen oder der meisten Stähle, und es löst sich zu 1,1 vH in geschmolzenem Eisen. Erhitzt man Eisen oder Stahl mit einem Gebläsebrenner, so bedeckt sich die heiße Oberfläche bei bestimmter Temperatur mit einer Oxydhaut. Erhitzt man weiter, so kann sie schmelzen, während der Werkstoff selbst ungeschmolzen bleibt. Setzt man die Erhitzung fort, bis auch das Metall selbst schmilzt, so kann man das geschmolzene Eisen oder den geschmolzenen Stahl genau vom geschmolzenen Oxyd unterscheiden, weil dieses schwerer flüssig ist und weniger glänzt. Es ist also leicht erkennbar, ob das Oxyd oder das Metall zu schmelzen beginnt. Anfänger aber sind geneigt, die Tatsache zu übersehen, daß, sobald das Metall zu „schwitzen" beginnt, es allein das Oxyd ist, das zu schmelzen angefangen hat. Das Schmelzen von Schweißdraht an der Oberfläche, das nur oberflächlich die Kennzeichen des Fließens zeigt, ergibt nur sehr schlechten Zusammenhalt. Das Oxyd ist gegen Wärme vollkommen beständig und zerfällt niemals in Eisen, wird auch nicht in Gegenwart von Sauerstoff zu Fe_2O_3 oxydiert.

Handelsnickel zu schweißen ist schwierig, weil das geschmolzene Metall Kohlenoxyd (CO) und andre Gase einschließt, die es voluminös und schwammig machen. Es gibt ein Patent auf das Schweißen von Nickel in Gegenwart von Kohlenstoff oder von kohlenstoffhaltigen Verbindungen. Nickel oxydiert sich bei hohen Temperaturen sehr rasch und bildet ein unschmelzbares Pulver, das Nickeloxyd.

Kupfer bildet Kupferoxydul (Cu_2O), ein glänzendes rotes Pulver, und schwarzes Kupferoxyd (CuO). Diese Oxyde entstehen bei Anwesenheit von Luft in der Hitze. Beim Schweißen trifft man von vornherein besondere Vorkehrung, um die Bildung von Kupferoxyd zu vermeiden, worüber noch gesprochen werden soll.

Aluminium oxydiert sich an der Luft bei allen Temperaturen sehr schnell zu Tonerde (Al_2O_3). Auf dem Metall bildet sich eine Oxydhaut, die es vor weiterer Oxydation schützt. Diese Tonerdehaut ist der Grund dafür, daß Aluminiumgefäße widerstandfähig gegen zerstörende Flüssigkeiten sind. Al_2O_3 ist ein weißes, amorphes Pulver, das bei 2020 °C schmilzt, während Aluminiummetall schon bei 657 °C schmilzt. Al_2O_3 behält während des Schweißens seine feste Form und verhindert die Vereinigung der Unterlage mit dem auf ihr zu befestigenden Metalle. Ein richtiges Schweißen des Aluminiums ist daher, ohne den Gebrauch eines passenden Flußmittels, um die Bildung von Oxyd zu entfernen oder ihr vorzubeugen, unmöglich. Da Al_2O_3 vollkommen hitzebeständig ist, und da es erst auf die Temperatur des elektrischen Lichtbogens erhitzt werden muß, damit es für Reduktionsmittel angreifbar wird, so versucht man nicht, es während des Schweißens zu reduzieren, richtet sein Hauptaugenmerk von vornherein darauf, der Oxydbildung vorzubeugen und das gebildete Oxyd möglichst vollkommen zu entfernen, wofür ein Flußmittel von sehr hoher Wirksamkeit nötig ist. Die Oxydation von Legierungen entspricht annähernd der Summe der Oxydationserscheinungen ihrer Bestandteile. Zu beachten ist dabei, daß Zink, ein Bestandteil des Messings, bei 918 °C siedet und sein Oxyd sich verflüchtigt, bevor es schmilzt.

Die Oxydation der Nichtmetalle beim Schweißen ist etwas einfacher. Sie geht leicht vor sich, und dabei entstehen fast stets Gase. Das wichtigste nichtmetallische Element, der Kohlenstoff, bildet die Gase: Kohlenmonoxyd (CO) und Kohlendioxyd oder Kohlensäure (CO_2). CO hat unter gewissen Temperaturbedingungen kräftige Reduktionseigenschaften, aber leider liegen die Schweißtemperaturen gerade oberhalb dieser Temperaturen, und daher hat Kohlenoxyd nur einen kleinen oder gar keinen Reduktionswert. Ungeschützte Schweißungen an Eisen oder Stahl ergeben stets einen durch Oxydation hervorgerufenen Verlust an Kohlenstoff.

Schwefel ist immer ein unwillkommener Bestandteil und wird zu einem Gase, Schwefeldioxyd (SO_2), oxydiert. Hat Eisen hohen Schwefelgehalt und ist der Schwefel eutektisch abgeschieden, so findet seine Oxydation mit explosionsartiger Heftigkeit statt, und das geschmolzene Metall verspritzt nach allen Richtungen.

Phosphor, ein unerwünschtes nichtmetallisches Element, wird meist in Phosphortrioxyd (P_2O_3) und Phosphorpentoxyd (P_2O_5) umgewandelt. Diese Oxyde verbinden sich mit Wasserdampf zu Phosphorsäure, die zerstörend wirkt und deshalb entfernt werden muß.

Silizium kommt allotrop als braunes oder gelbes amorphes Pulver und als harte schwarze oder graue Kristalle vor. Die amorphe Form wird leicht zu Siliziumdioxyd (SiO_2) oxydiert. Die kristallisierte, meist in Metallen vorkommende Form ist überaus schwer durch Luft oder Sauerstoff zu oxydieren und ist außerordentlich beständig, in der Wärme nicht zerlegbar und für alle Säuren mit Ausnahme der Fluorwasserstoffsäure unangreifbar. Dagegen wirken Alkalien auf sie ein und bilden dann Silikate.

Beim Azetylen-Sauerstoff-Schweißen von Gußeisen bedient man sich vornehmlich folgender Reaktion:

$$\underset{\text{Silizium}}{Si} + \underset{\text{Kohlendioxyd}}{CO_2} = \underset{\text{Siliziumdioxyd}}{SiO_2} + \underset{\text{Kohlenstoff}}{C}$$

Man verwendet einen Schweißstab von hohem Siliziumgehalt und fügt CO_2 hinzu, entweder mit Hilfe eines Karbonate enthaltenden Flußmittels, das sich in der Wärme zersetzt und Kohlensäure bildet, oder durch die Verwendung von Azetylen.

---

[1]) Wir berichten über die in „Engineering" Bd. 117 (1924) S. 221/223 veröffentlichte Arbeit im Hinblick auf die Bedeutung, die man dem Schweißen neuerdings allgemein beimißt und die auch in der Gründung des Fachausschusses für Schweißtechnik im V.d.I. besonderen Ausdruck gefunden hat. Die Schriftleitung.

Flammenschweißung und elektrischer Lichtbogen.

Die vollständige Reaktion der Vorgänge bei der Verbrennung von Azetylen wird dargestellt durch die Gleichung:

$$2\,C_2H_2 + 5\,O_2 = 4\,CO_2 + 2\,H_2O$$
$$\text{Azetylen} + \text{Sauerstoff} = \text{Kohlendioxyd} + \text{Wasserdampf},$$

nach der 1 Raumteil C_2H_2 2,5 Raumteile reinen Sauerstoffs zur vollständigen Verbrennung erfordert. Die meisten Schweißer wissen aber, daß das praktische Verhältnis 1 Raumteil C_2H_2 zu 1,1 bis 1,7 Raumteilen Sauerstoff ist und vom Druck des Azetylens und der Wirksamkeit des Gebläsebrenners abhängt. Eine klare Untersuchung wird den Grund dieses Widerspruches aufzeigen.

In Wirklichkeit findet die Verbrennung in zwei bestimmten Stufen statt. Stufe 1 besteht in der Zerlegung des Azetylens und der Bildung von Wasserstoff und Kohlenoxyd wie folgt:

$$C_2H_2 + O_2 = H_2 + 2\,CO$$
$$\text{Azetylen} + \text{Sauerstoff} = \text{Wasserstoff} + \text{Kohlenoxyd}.$$

Stufe 2 besteht in der Verbrennung der in Stufe 1 gebildeten Stoffe, wobei Kohlenoxyd zu Kohlendioxyd und Wasserstoff zu Wasserdampf oxydiert wird:

$$CO + O = CO_2; \quad H_2 + O = H_2O.$$

Die Erklärung für diesen Widerspruch zwischen der tatsächlichen und der theoretischen Menge Sauerstoff liegt in der Tatsache, daß die Menge des Sauerstoffs in Stufe 2 aus der Luft herrührt. Daher erhält die genau eingestellte Azetylen-Sauerstoff-Flamme, die an der Spitze eines guten Gebläses brennt, ohne weiteres genügend Sauerstoff, um die Verbrennung vollständig zu machen. So kommt es auch, daß bei einem aus der Stahlflasche herrührenden Sauerstoffüberschuß an der Gebläsespitze der Überschuß unmittelbar das Metall trifft und eine kräftige Oxydation hervorruft. Ist zu wenig Sauerstoff vorhanden, so entsteht ein Überschuß an Azetylen und Kohlenstoff, wahrscheinlich nach folgender Gleichung:

$$C_2H_2 + CO = H_2O + 3\,C$$
$$\text{Azetylen} + \text{Kohlenoxyd} = \text{Wasser} + \text{Kohlenstoff}.$$

Da alle diese Bestandteile bei der Verbrennung des Azetylens sich mit hoher Geschwindigkeit bewegende Gase sind, ist es offenbar unangebracht, anzunehmen, Stufe 1 und 2 seien scharf getrennt. Die Verbrennung geht wohl in 3 Zonen vor sich, wie Abb. 1 zeigt.

Zone 1 ist leuchtend und enthält alle Bestandteile der Stufe 1, d. h. Azetylen, Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenoxyd; die Reaktion ist am Ende der Zone 1 noch nicht vollständig. Zone 2 ist nicht leuchtend. In ihr wird die Stufe 1 abgeschlossen und beginnt Stufe 2. Der Sauerstoff der Luft spielt beim Anfange der Zone 3 mit, und die Reaktion wird vollständig. Zone 2 ist für den Schweißer am wichtigsten, denn alle Schweißvorgänge werden in verschiedener Stellung in dieser Zone ausgeführt, und die Natur des Metalles, sein Schmelzpunkt und die Abmessungen sind bei der Festsetzung der besten Lage wichtig.

Zone 1 Zone 2 Zone 3

Abb. 1. Zoneneinteilung der Azetylen-Sauerstoff-Flamme.

RZ233Z1u2

300 °C, 2900, 2800, 3000, 2700 „, 2500 „, 2300 „, 2000 „, 1900 „, 1700 „, 1500 „, 1200 „

Abb. 2. Temperaturen innerhalb der Azetylen-Sauerstoff-Flamme.

Die Bestimmung der Temperatur der Azetylen-Sauerstoff-Flamme ist sehr schwierig. Die für die höchste Temperatur angegebenen Werte schwanken von 2000 ° bis zu 4000 °C, und diese beiden Werte sind im gewöhnlichen Betriebe nicht erreichbar. C. Bingham hat in seiner Arbeit „Die Verunreinigungen des Azetylens" gezeigt, wie wichtig die Verwendung von Gasen größter Reinheit ist, um einen Temperaturabfall und Wärmeverluste zu vermeiden. Es ist unmöglich, Temperaturen ohne genau bestimmte Bedingungen zu beherrschen, aber mit guter Einrichtung und genau abgemessenen reinen Gasen wird die Temperatur in der Flamme 3000 °C erreichen, jedoch 3500 °C nicht überschritten. Die Darstellung, Abb. 2, soll annähernd die Temperatur an den verschiedenen Stellen der Flamme in der Richtung der Flammenachse zeigen und sie läßt erkennen, daß die Temperaturen in Zone 2 zwischen 2000 ° und 3000 °C liegen.

Die Zusammensetzung der Gase in Zone 2 ist folgende: 2 Teile Kohlenoxyd und 1 Teil Wasserstoff mit sehr geringen Mengen Azetylen, Sauerstoff, Kohlensäure und Wasserdampf. Die folgende Analyse ist rein hypothetisch, sie soll nur zeigen, was angenommen wird: Bestandteile: Kohlenoxyd 60 vH, Wasserstoff 30 vH, Kohlensäure 4 vH, Wasserdampf 4 vH, Azetylen 1 vH, Sauerstoff 1 vH.

Auf den ersten Blick will es scheinen, daß ein solches Gasgemisch kräftige reduzierende Eigenschaften hat, aber man muß zwei Punkte beachten: 1. die Reduktionseigenschaft wird in Zone 3 ganz zerstört, und 2. wird die Beständigkeit aller Oxyde so groß, daß sie durch Kohlenoxyd oder Wasserstoff unreduzierbar werden. Diese Tatsache widerlegt den sich gerade in neuen Büchern über das Schweißen findenden Irrtum, die Azetylen-Sauerstoff-Flamme sei reduzierend und mache daher Flußmittel überflüssig. Nach Ansicht von Booer ist der einzig wirksame Bestandteil der Zone 2 die sehr geringe Menge Sauerstoff, die der Zone eine schwache Oxydationswirkung verleiht. Mag die Ansicht nun richtig oder falsch sein, so ist das doch ein sehr sicheres Merkmal für den Schweißer.

Im elektrischen Lichtbogen sind die Voraussetzungen wesentlich einfacher. Man darf ihn sicher als eine neutrale Wärmequelle betrachten, vorausgesetzt, daß er gut geschützt ist. Kann Sauerstoff unmittelbar durch den Lichtbogen gehen, so erhält er stark oxydierende Eigenschaften, wie das die heutige Salpetersäure-Darstellung deutlich zeigt, bei der ein Gemisch von Sauerstoff und Stickstoff durch einen elektrischen Lichtbogen geleitet und der nur schwer oxydierbare Stickstoff in Stickoxyd übergeführt wird. Die Temperatur beträgt dabei rd. 3500 °C.

Die Verhütung der Oxydation.

Vielen Schweißern ist bekannt, daß Metalloxyde keine Zerreißfestigkeit und Dehnung haben. Der ungleichmäßige Zustand einer Oxyde enthaltenden Schweißung ist ihnen gleichfalls geläufig. Ebenso ist beim Schweißen von Gußeisen die durch die Oxydation des Kohlenstoffes verursachte Änderung der meisten Eigenschaften nicht unbekannt.

Oxydbildung läßt sich auch auf chemische und physikalische Weise hintanhalten. Die chemische bedient sich reduzierender Mittel, die jedes entstehende Oxyd zerlegen. Die physikalische schützt 1. den Schweißstab, 2. das niederzuschlagende Metall und löst 3. jedes unzersetzte Oxyd. Das Reduktionsmittel kann zu einem Flußmittel gefügt oder in den Schweißdraht oder in den Schweißstab miteingebracht werden. Im letzten Fall ist der Gebrauch eines passenden Flußmittels wesentlich, um örtliche Oxydationen zu vermeiden.

Reduktion und reduzierende Stoffe.

Eines der am wenigsten erfolgreichen, aber trotzdem immer noch gebräuchlichen Reduktionsmittel ist der Kohlenstoff. Seine Reduktionswirkung ist bei der Schweißtemperatur äußerst gering. Das hängt teilweise mit Festigkeitseigenschaften, teilweise mit Oxydationsgeschwindigkeiten der Kohle an der Luft zusammen und z. T. auch damit, daß Kohlenoxyd und nicht das Element Kohlenstoff selbst die Reduktion verursacht. Beim

Schweißen von Gußeisen hat es also keinen Zweck, Kohle als Ersatz für oxydierten Kohlenstoff hinzuzufügen.

Silizium ist kein Reduktionsmittel im eigentlichen Sinne des Wortes. Über seine Reaktion mit Kohlendioxyd beim Schweißen von Gußeisen wurde schon oben gesprochen. Die Eigenschaften des Ferrosiliziums ähneln denen des Siliziums. Kalziumsilizid reduziert dagegen wegen seines Gehaltes an Silizium selbst kräftig. Zerfällt Kalziumsilizid, so entsteht de gelbe amorphe Form, die schnell oxydiert wird. Verwendet man Kalziumsilizid zum Reduzieren, so entsteht Kalziumsilikat, das ausgesprochen schlackenbildende Eigenschaften hat.

Aluminium ist eines der wirksamsten Reduktionsmittel und gibt sehr zufriedenstellende Ergebnisse, wenn es zweckmäßig geschützt wird. Eine sehr geistreiche Anwendung des Aluminiums wurde in der „Quasiarc-Elektrode“ gefunden, bei der ein dünner Aluminiumdraht um den Schweißdraht und um das Ganze eine Lage Asbest gewickelt ist. Die reduzierenden Eigenschaften des Aluminiums hat man bei der Thermitschweißung und bei den Patenten von Goldschmidt zur Gewinnung von Metallen und Ferrolegierungen genau erforscht. Die Thermitwirkungen kann man in folgender Gleichung zusammenfassen:

$$3\,Fe_3O_4 + 8\,Al = 4\,Al_2O_3 + 9\,Fe$$
$$\text{Eisenoxyduloxyd} + \text{Aluminium} = \text{Tonerde} + \text{Eisen.}$$

Titan ist ein anderes mit großen Vorteilen benutztes Reduktionsmittel. Seine Wirksamkeit beruht auf der Bildung von Titandioxyd nach folgender Gleichung:

$$Fe_3O_4 + 2\,Ti = 3\,Fe + 2\,TiO_2$$
$$\text{Eisenoxyduloxyd} + \text{Titan} = \text{Eisen} + \text{Titandioxyd.}$$

Titandioxyd ist auch außerordentlich leicht und scheidet sich vom geschmolzenen Metalle mit großer Geschwindigkeit. Das Oxyd ist leicht in alkalischen Schlacken löslich, die durch die beim Schweißen von Eisen und Stahl benutzten Flußmittel gebildet werden.

Phosphor hat nur eine begrenzte Anwendbarkeit als Reduktionsmittel beim Schweißen. Er wirkt sehr kräftig, muß aber mit größter Vorsicht gebraucht werden, da er mit den meisten Metallen beständige Phophide bildet, im Überschuß auf die Abscheidung eutektischen Phosphors hinwirkt und so die Schweißung schwächt. Das hat sich beim Schweißdraht für Kupfer erwiesen. Ein ungleichartig zusammengesetzter Draht oder einer, der auch nur eine geringe Menge Phosphor mehr enthält, als zulässig ist, verursacht fehlerhafte Schweißungen.

Schlacken.

Die beim Gebrauche von reduzierenden Mitteln entstehenden Stoffe sind: Siliziumdioxyd, Tonerde, Phosphorsäure und Titandioxyd. Sie werden ähnlich beseitigt, wie man bei der Reinigung technischer Metalle verfährt, obgleich der große Temperaturunterschied den Gebrauch sehr verschiedener Stoffe nötig macht. Beim Schweißen verwendet man Flußmittel, die nicht nur die Nebenerzeugnisse der Reduktion, sondern auch das beim Schweißen sich bildende Metalloxyd mitnehmen.

Schlackenbildung und die chemischen Eigenschaften von Schweißschlacken sind ein höchst verwickeltes, aber für die Hersteller von Flußmitteln sehr wichtiges Gebiet. Das älteste in der Geschichte bekannte Flußmittel ist der vom Schmiede beim Schweißen gebrauchte Sand, bei dessen Anwendung hauptsächlich Eisensilikat entsteht. Dieses Silikat zersetzt sich jedoch unterhalb des Schmelzpunktes des Eisens, und deshalb ist Sand allein als Schweißflußmittel ungeeignet. Die Siliziumdioxydschlacken sind jedoch von großem Wert beim Schweißen und zerfallen in drei Gruppen: 1. Natrium-Silikat-Schlacken, 2. Magnesium-Silikat-Schlacken, 3. Natrium-Kalzium-Silikat-Schlacken. Die Natrium-Silikat-Schlacken entstehen beim Gebrauche von Natriumsilikat ($Na_2Si_4O_9$), das in verschiedener Form zum Schweißen von Flußeisen, Gußstahl und Nickelstahl verwendet wird. Sie lösen Fe_3O_4 ganz leicht und bilden ein komplexes Natrium-Eisen-Silikat. Magnesium-Silikat-Schlacken entstehen beim Gebrauche von Asbest. Natrium-Kalzium-Silikat-Schlacken sind dem Glase verwandt, und ihr Gebrauch beschränkt sich auf flußmittelbedeckte (flux-coated) Elektroden.

Alle diese Schlacken lösen leicht Fe_3O_4. Das Natriumsilikat ist das wirksamste und entfernt auch Tonerde unter Bildung von Aluminiumsilikaten, die dem Natrolith ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 3\,SiO_2$) oder im Falle des Magnesiums und Kalziums dem Anorthit ($CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2\,SiO_2$) ähneln.

Eine zweite beim Schweißen gebrauchte Schlackenart wird aus Bor hergestellt und kommt allgemein als Borax ($Na_2B_4O_7$) oder als Borsäure (H_3BO_3) vor. Ihre Wirkung auf Oxyde ist viel einfacher. Bei hohen Temperaturen bilden beide Borsäureanhydrid (B_2O_3), das sich unmittelbar mit den Oxyden des Kupfers, Kobalts, Chroms, Eisens, Nickels und Mangans verbindet. Für Kupferoxyd und Borax gilt die Gleichung:

$$Na_2B_4O_7 + CuO = Cu(BO_2)_2 + 2\,NaBO_2$$
$$\text{Borax} + \text{Kupferoxyd} = \text{Kupferborat} + \text{Natriummetaborat}$$

Alle in den letzten drei Abschnitten besprochenen Schlacken haben hohen Schmelzpunkt und einen sehr hohen Siedepunkt. Die Frage der Flußmittelherstellung ist bis jetzt noch nicht gelöst. Der Schmelzpunkt des Flußmittels muß den Bedingungen des Schweißens angepaßt und der der Schlacke muß unterhalb des Schmelzpunktes gehalten werden. Das spezifische Gewicht der Schlacke muß man so abstimmen, daß sie frei über das Metall läuft.

Die Schlackenbildung beim Aluminiumschweißen ist eine Sache für sich. Die Chloride des Natriums, Kalziums und Lithiums bilden die Grundlage aller verläßlichen Flußmittel zum Aluminiumschweißen, und man darf mit Recht annehmen, daß die Wirksamkeit solcher Flußmittel auf der Bildung von Meta-Aluminaten der Form $KO \cdot AlO$ beruht. Die Reaktion läßt sich schwer zu Papier bringen. Der Vorgang ist durch das niedrige spezifische Gewicht des geschmolzenen Metalles unübersichtlich, und es ist wesentlich, daß die Schlacke völlig vom geschmolzenen Metall geschieden wird.

Betrachten wir noch die Eigenschaften des Kryoliths ($AlF_3 \cdot 3\,NaF$), der bei der Darstellung und beim Schweißen des Aluminiums als Flußmittel dient. Es ist recht störend, daß sein Schmelzpunkt so hoch (bei 977 °C) liegt, so daß er früher als das geschmolzene Metall fest wird. Das ideale Flußmittel soll eher schmelzen als das zu verschweißende Metall oder die Legierung und soll nach dem Schmelzen genügend flüssig sein und ein genügendes spezifisches Gewicht haben. Ist das Flußmittel unter dem Gebläsebrenner geschmolzen, so soll es doch nicht so flüssig sein, daß es fortläuft und die Oberfläche des Metalls der oxydierenden Wirkung der Luft oder der Flammengase aussetzt. Es soll im Gegenteil einen viskosen Überzug über dem Metall bilden, und vor dem Überziehen soll es sich nicht vom Gasstrom des Gebläsebrenners wegblasen lassen, vielmehr eine ununterbrochene schützende Schicht bilden, die jeden Teil des vorher durch das Flußmittel desoxydierten Metalls vor neuer Oxydation bewahrt.

Flußmittel.

Das Schweißen von Gußeisen im elektrischen Lichtbogen kann wegen der häufig wechselnden physikalischen Eigenschaften noch nicht als vollkommen befriedigend bezeichnet werden. Zurzeit erhält man beim Schweißen mit einer Graphitelektrode gute Ergebnisse, doch bleibt für die Forschung hier noch viel Spielraum. Das Schweißen von Gußeisen in der Azetylen-Sauerstoff-Flamme bereitet dagegen keine Schwierigkeiten. Die Bestandteile des Flußmittels sind Natrium-Karbonat und -Bikarbonat, Borax und Siliziumdioxyd. Ein Schweißstab mit hohem Siliziumgehalt ist vielfach angewendet worden, doch werden zurzeit Versuche mit einem Stabe besondrer Zusammensetzung ohne Silikate gemacht. Besonders bemerkenswert ist ein Stab, der so viel Titan enthält, daß die Oxydation von Eisen und Kohlenstoff verhindert wird.

Flußeisen läßt sich im elektrischen Lichtbogen vorzüglich schweißen, doch sollte man in jedem Falle sich eines schützenden Flußmittels bedienen. Die Bedingungen dafür sind, daß es im gleichen Verhältnis, wie die Elektroden schmelzen, ein reduzierendes Mittel enthalten und eine gute Schlacke bilden soll. Hierauf sind zahlreiche Patente

genommen worden. Die meisten enthalten Asbest und Kalziumsalze, und die Hauptsache scheint zu sein, daß es vor dem Lichtbogen schützende Gase bildet.

Flußeisen kann man ebensogut im Azetylen-Sauerstoff-Gebläse schweißen. Mit der Aufgabe, das Oxyd beim Schweißen von Eisen und Stahl auszuschalten, hat man sich seit vielen Jahren schon beschäftigt. Es zeigte sich, daß eine Reduktion durch die Flamme unmöglich ist und daß es daher nötig ist, auf irgend eine Form eines reduzierendes Stoffes zurückzukommen.

In der Metallindustrie bedient man sich zahlreicher Reduktionsmittel und hat auch mit den meisten von ihnen in der einen oder andern Form Versuche gemacht. In der Schweißerei hat man manche dieser Stoffe in Form eines Pulvers oder einer Legierung mit dem Schweißdraht angewendet. Beim Schweißen von Stahl hat der Gebrauch pulverförmiger desoxydierender Flußmittel verschiedene Nachteile. Die Zugabe reduzierender Stoffe zum Schweißdraht ist schwierig, weil die meisten von ihnen geringe Dichte haben und sich mit Eisen und Stahl schlecht legieren.

Es ergab sich, daß beim Stahlschweißen eine Reduktionsflüssigkeit vorzügliche Ergebnisse zeitigt. Eine solche ist besonders für den Gebrauch mit Schweißdraht hergestellt, der keine reduzierenden Stoffe enthält. Sie wird für Instandsetzungsarbeiten, zum Schweißen von Blechen, besonders von dicken, und von Formgußstücken empfohlen. Bei der hohen Flammentemperatur verschlackt sie das Oxyd, hält die Oberfläche sauber und beugt der Entstehung von Oxyden vor. Dadurch gestattet sie schnelles Schweißen, setzt infolgedessen die Überhitzung auf ein Mindestmaß herab und verhindert somit örtliche Schäden. Sie wird in Kannen zu rd. 0,5 und 1,0 l verkauft und wird vor dem Schweißen mit einer Bürste auf die Kanten des zu schweißenden Stückes und auf den Schweißdraht aufgetragen.

Mittelharte und harte Stähle erfordern sorgfältige Behandlung, ergeben aber nur mittelmäßige Erfolge, weil allerlei metallurgische Erscheinungen mitspielen. Es empfiehlt sich, ein Flußmittel ähnlich dem für Gußeisen gebräuchlichen zu verwenden. In solchen Stählen schwankt der Kohlenstoffgehalt von 0,3 bis 1,2 vH und ist in ihnen fast völlig in der gebundenen Form, also als Eisenkarbid (Fe_3C) und in seinen verschiedenen Abarten vorhanden. Temperaturverhältnisse haben bekanntlich großen Einfluß auf die meisten Eigenschaften von Eisen-Kohlenstoff-Lösungen, und tatsächlich liegt hier das als Tempern bekannte Gebiet. Vorausgesetzt, daß man Oxydation durch Gebrauch eines Flußmittels vermeidet, hängt die Größe des Erfolges von der richtigen Temperatur und der weiteren Behandlung ab.

Kupfer zu schweißen ist einfach, wenn man die richtigen Stoffe verwendet. Es ist wesentlich, einen eigens hierfür hergestellten, Phosphor enthaltenden Schweißdraht als Reduktionsmittel zu gebrauchen. Das Flußmittel soll aus Borsäure, Borax und Natriumchlorid bestehen. Es schützt den Schweißstab und entfernt, wie schon oben erwähnt, das Kupferoxyd durch Bildung von Kupferborat. Der Natriumchloridgehalt des Flußmittels dient dazu, seinen Schmelzpunkt anzupassen.

Messinglegierungen und Bronzen werden ähnlich wie Kupfer geschweißt. Nötig sind besondere Schweißstäbe und ein Flußmittel ähnlicher Zusammensetzung. Der Schweißer sollte mit der chemischen Zusammensetzung der am häufigsten vorkommenden Messingarten und Bronzen vertraut und imstande sein, Schweißstäbe passender Zusammensetzung für jeden Fall auszuwählen.

Aluminium zu schweißen ist sicher die schwierigste Aufgabe; denn die Schnelligkeit, mit der Aluminium sich oxydiert, und die Eigenschaften des Oxydes bereiten den meisten Verdruß. Aluminium ohne ein sehr wirksames Flußmittel zu schweißen, ist recht schwer und bei dünnen Blechen tatsächlich unmöglich. Das als „Puddeln" bekannte Schweißen ohne Flußmittel sollte als ein Notbehelf betrachtet werden, da Oxydhäute in der Schweiße zurückbleiben, die Widerstandskraft herabsetzen und zu Rissen und zu Zerstörungen führen. [B 233]

Dr. Ing. Martin W. Neufeld.

Wetterkühlung durch warme Grubenwetter.

Die auf tiefen Gruben mit einer Temperatur von 35 °C und darüber aus dem Schacht ausziehenden Wetter haben einen recht beträchtlichen Wärmegehalt, den man bisher immer nur mittelbar insofern ausnutzte, als er im Verein mit dem ihn umgebenden Wärmemantel die Ventilatorarbeit unterstützt. Neu dagegen ist die unmittelbare Ausnutzung der Wärme des ausziehenden Wetterstromes in der Weise, daß man mit ihrer Hilfe Wasser verdampft und die hierbei entstehende Verdunstungskälte zur Kühlung des einziehenden Wetterstromes benutzt. Dem warmen ausziehenden Wetterstrom wird in einem Befeuchter Wasser in fein verteiltem Zustande zugeführt, das dabei verdampft und dadurch den Wettern die Wärme entzieht. Im zweiten Teile der Anordnung, dem eigentlichen Frischwetterkühler, findet dann der Wärmeaustausch statt. Die Verdunstungskälte des Wassers wird hierbei durch Oberflächenkühlung auf den einziehenden Strom übertragen, den Frischwettern also kein Wasserdampf zugeführt und somit der Naßwärmegrad herabgesetzt, was für das Wohlbehagen und die Arbeitsfähigkeit der Bergleute von größter Bedeutung ist. Die Größe der Abkühlung der warmen Abwetter durch die Wasserverdunstung richtet sich ganz nach der Aufnahmefähigkeit für Wasser, also nach der schon vorhandenen relativen Feuchtigkeit des ausziehenden Wetterstromes. Abkühlungen von 8 °C, wie sie W. Schulz und G. Kettmann als Beispiel in „Glückauf" Bd. 61 (1925) S. 68 berechnen, werden sich nur erzielen lassen in Kaligruben, die sich allgemein durch trockene Wetter auszeichnen. Für unsere Steinkohlenzechen dagegen, für die die Wetterkühlung bei dem gerade hier schnellen Fortschreiten des Abbaues in große Teufen von besonderer Wichtigkeit ist, muß mit einer relativen Feuchtigkeit von mindestens 60 vH gerechnet werden. Man erhält dann bei einer Temperatur des ausziehenden Wetterstromes von 35 °C immer noch eine Abkühlung von 3,6 °C.

Die in dem Befeuchter gekühlten ausziehenden Wetter gelangen nun in den Frischwetterkühler, der aus einer großen Anzahl parallel nebeneinander liegender dünner Blechtafeln bestehen kann. Durch die Zwischenräume gehen abwechselnd und im Gegenstrom der gekühlte ausziehende und der warme einziehende Wetterstrom, wodurch beide an einer großen Fläche entlang in Wärmeaustausch treten. Da der Kühler besonders vor heißen Betriebspunkten in der Grube Verwendung finden soll, muß er leicht versetzbar und, um wenig zu hindern, auch möglichst gedrungen gebaut sein. Bei einer Wärmeübergangszahl $k = 4 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\,\text{h}\,{}^\circ\text{C}}$ wird nach den vorliegenden Berechnungen eine Kühlfläche von 120 m² genügen. Diese Kühlfläche ergibt sich bei einem Aufbau des Kühlers aus etwa 20 Blechen von je 2 m Breite und 3 m Länge mit Abständen von etwa 5 cm, so daß der Kühler einen Querschnitt von 1 × 2 m² erhält.

Die Betriebskosten des Verfahrens werden nicht erheblich sein, sofern man an die Beschaffung der Anlage und den Wasserbedarf denkt. Eher kommt die Drosselwirkung der Einrichtung in Betracht, die eine Aufstellung von Sonderventilatoren bedingen könnte.

Eine zweite, einfachere Lösung der Frage der Wetterkühlung, bei der aber die Kühlwirkung kaum so groß sein dürfte wie im ersten Fall, ist auf folgendem Wege möglich: Die Frischwetter werden durch eine Lutte vor Ort geführt, an der die erwärmten ausziehenden Wetter auf dem Rückwege vorbeistreichen. Die einziehende Lutte ist mit einem ständig befeuchteten saugfähigen Stoffe überzogen. Diese Feuchtigkeit wird durch den ausziehenden Warmwetterstrom zum Verdunsten gebracht und die Verdunstungskälte durch die gut leitende Luttenwand auf den einziehenden Wetterstrom übertragen. Eine genaue Bestimmung der Kühlwirkung entzieht sich hierbei der Berechnung, ließe sich aber schnell und sicher versuchsmäßig erzielen.

[N 275] Prockat.

Fortschritte im Kraftwagenbau.

Das Fahrwerk des heutigen Kraftwagens.

Von Dr. techn. A. Heller, Berlin.

Kegel- und Plattenkupplungen. Wechselgetriebe für Personen- und Lastkraftwagen. Fester und schwingender Hinterachsantrieb.

(Forts. von S. 405.)

Der Fortschritt, den die Kupplungen der Kraftwagen in den letzten Jahren gemacht haben, drückt sich in der Hauptsache darin aus, daß man bei den Personenwagen allgemein zu Kupplungen mit einer Scheibe oder bei stärkeren Maschinen mit mehreren Scheiben übergegangen ist, wodurch man eine wesentliche Verkleinerung der Masse des mit der Getriebewelle verbundenen, also beim Schalten des Getriebes jedesmal zu beschleunigenden oder zu verzögernden Teiles der Kupplung erreicht hat. Dadurch wird der Schaltvorgang so erleichtert, daß man die früheren Kupplungsbremsen nicht mehr zu verwenden braucht.

Unter den neueren Bauarten der Kegelkupplungen verdient die der Protos-Werke, Berlin-Siemensstadt, Abb. 20, erwähnt zu werden. Der doppelseitige Reibkegel dieser Kupplung besteht aus Lederformstücken, deren Kanten die Reibfläche bilden und die in der Form eines Ringes am mitgenommenen Teil der Kupplung befestigt sind. Abgesehen von der Vergrößerung der Reibfläche gewinnt man durch diese allerdings nicht ganz billige Ausführung den Vorteil, daß sich die Kupplung nicht so bald wie eine übliche Lederkegelkupplung abnutzt. Das Gewicht des Reibkegels ist indessen nicht gering.

Sehr einfach ist die Kupplung des kleinen Praga-Wagens, Abb. 10 (S. 402); sie besteht aus einer einzigen Stahlscheibe, die auf beiden Seiten mit stark reibendem Belag, zumeist Ferrodo-Asbest, versehen ist und durch viele über den Umfang verteilte Schraubenfedern zwischen der Rückseite des Schwungrades und dem damit umlaufenden, als Gegenscheibe ausgebildeten Flansch der Ausrückmuffe eingeklemmt wird. Der Druck auf den Fußhebel, der sich auf das Drucklager der Kupplungshülse überträgt, zieht die Ausrückmuffe um wenige Millimeter zurück, so daß die Scheibe frei wird.

Bei der Kupplung der Austro-Daimler-Werke, Abb. 21, sind drei auf beiden Seiten mit Reibbelag versehene und in der bei Lamellenkupplungen bekannten Art gegen Drehen gesicherte Scheiben auf dem mit dem Getriebe verbundenen gezogenen Tragkörper vorhanden, die von einer gemeinsamen Schraubenfeder gegen ebenso viele mit dem Maschinenschwungrad verbundene Metallscheiben gepreßt werden. Gegenüber den früheren Lamellenkupplungen haben die neueren den Vorteil, daß sie ohne Öl laufen können, aber auch durch Eindringen von Öl in der Wirkung nicht wesentlich beeinträchtigt werden. Dabei leistet der Belag aus Ferrodo-Asbest der Abnutzung, namentlich der Erhitzung während des Schleifens der Reibflächen aufeinander, viel besser Widerstand als der früher gebräuchliche Lederbelag.

RZ 897 Z20

Abb. 20. Doppelseitige Kegelkupplung der Protoswerke, Berlin-Siemensstadt.

Abb. 22 und 23. Wechselgetriebe für schwere Lastkraftwagen der NAG.
a, b Schaltstufe zum Übersetzen ins Schnelle *c* Antriebwelle. *d* Vorgelegewelle.

RZ 897 Z22-23

Abb. 21. Kupplung und Getriebe der Austro-Daimler-Werke.

Daß man überhaupt eine Kupplung zwischen Maschine und Treibachse eines Kraftwagens einschalten muß, liegt daran, daß man sonst das Wechselgetriebe nicht schalten könnte. Begreiflicherweise bemüht man sich daher nach wie vor um die Aufgabe, den Schaltvorgang beim Wechselgetriebe entbehrlich oder wenigstens insoweit selbsttätig zu gestalten, als eine gewisse Geschicklichkeit des Wagenführers dazu notwendig ist. Trotzdem kann man auch heute noch nicht sagen, daß die Technik in dieser Hinsicht seit den letzten 10 bis 15 Jahren grundsätzlich fortgeschritten ist. Die vielen Vorschläge dieser Art, die auf die Verwendung von Druckluft, Druckflüssigkeit oder Elektrizität hinauslaufen, kann man, was den üblichen Kraftwagen anbelangt, immer noch als unannehmbar bezeichnen, schon weil sie nicht einfach und billig genug sind. Sperrwerke in der Art derjenigen von de Lavaud[1]) oder Constantinesco, die das Übersetzungsverhältnis zwischen Maschine und Treibachse ganz selbsttätig nach Maßgabe des Drehmomentes ändern sollen, das an der Treibachse gebraucht wird, sind heute zumindestens für den allgemeinen Kraftwagenbau noch nicht genug erprobt.

Ein für den Fortschritt sehr wichtiger Gedanke liegt in den Vorschlägen, die vor einigen Jahren die Zahnradfabrik Friedrichshafen in dem Sodengetriebe[2]) verkörpert hat. Dieser Gedanke besteht darin, daß der eigentliche Schaltvorgang, nämlich das Einschieben des Zahnrades in den Eingriff, von der Wahl des Getriebeganges mechanisch getrennt und damit von der Geschicklichkeit des Wagenführers unabhängig gemacht wird. Sobald der Wagenführer die von ihm gewünschte Schaltstufe auf dem vor ihm am Spritzbrett befindlichen Wähler einstellt, wird die Schaltwelle des Getriebes in die richtige Lage gebracht. Wenn dann der Führer im gewünschten Augenblick den Kupplungshebel niederdrückt, fällt das betreffende Getrieberad unter dem Einfluß einer Feder von selbst in den Eingriff ein. Daß dieses Getriebe bis heute noch nicht so große Verbreitung erlangt hat, wie es verdiente, erklärt sich, abgesehen von kleineren Mängeln der bisherigen Ausführungen, wohl hauptsächlich daraus, daß unsre Fabriken noch sehr wenig darauf eingestellt sind, so wesentliche Teile eines Kraftwagens, wie ganze Wechselgetriebe, von außerhalb zu beziehen.

Abb. 24. Kardanachse für ein schweres Omnibusuntergestell mit Luftreifen.

Die meisten Aussichten, das Schalten des Getriebes zu vermeiden, bietet heute vielleicht die Verwendung von Umlaufgetrieben; leider kann man diese, wenn sie nicht gar zu verwickelt sein sollen, nur für zwei Geschwindigkeitsstufen herstellen, wobei noch eine dritte Stufe für den Rückwärtsgang notwendig ist. Die Verwendbarkeit solcher Getriebe hängt daher in hohem Maße davon ab, ob es gelingt, Maschinen mit veränderlichem Drehmoment wenigstens in dem Ausmaße

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 164. [2]) Vergl. Z. Bd. 65 (1921) S. 1157

zu erhalten, das heute bei den Verfahren der Drosselmaschinen erreichbar scheint.

Bei den neueren schnellaufenden Fahrzeugmaschinen haben sich die Drehmomente so verringert, daß die Abmessungen und Gewichte der Getriebegehäuse gegenüber denjenigen der Maschinen sehr gering geworden sind, vgl. Abb. 1 (S. 399). Zu einem wesentlichen Teil ist dieser Fortschritt auch der erweiterten Kenntnis in der Warmbehandlung der legierten Stähle und der verbesserten Bearbeitung der Zahnräder zu verdanken, die ermöglicht hat, die Beanspruchungen der Einzelteile ohne Gefahr zu steigern. Daß die Stirnräder der Wechselgetriebe an den Flanken nach dem Härten geschliffen werden, gilt heute sozusagen schon als Regel und hat in Verbindung mit der Verwendung von Kegelrädern mit gebogenen Zähnen für den Hinterachsenantrieb ermöglicht, auch das leiseste Rädergeräusch bei den höchsten Fahrgeschwindigkeiten zu vermeiden. Den unmittelbaren Zusammenhang des Getriebegehäuses mit dem großen Gehäuse der Maschine, der Resonanz des Getriebegehäuses verhindert, und die Verlegung des Schalthebels auf den Getriebekasten, wodurch die Unbequemlichkeiten der früheren Schaltwellen beseitigt werden, darf man als weitere technische Fortschritte im Getriebebau bezeichnen.

Abb. 25 bis 27.
Hinterachsbrücke des Austro-Daimler-Wagens.

Im Gegensatz zu Personenwagen hat sich bei Lastkraftwagen eine Vermehrung der üblichen vier Getriebestufen aus wirtschaftlichen Gründen als zweckmäßig erwiesen. Die **Nationale Automobil-Gesellschaft** (NAG), Berlin-Oberschöneweide, versieht das Wechselgetriebe ihrer schweren Lastkraftwagen, insbesondere auch solcher mit Luftreifen, Abb. 22 und 23, mit einer besonderen Schaltstufe *a*, *b*, womit man die Geschwindigkeiten der Antriebwelle *c* statt, wie üblich, ins Langsame, ins Schnelle auf die Vorgelegewelle *d* übersetzen kann. Bei unveränderter Drehzahl von 900 Uml./min läuft der Wagen mit rd. 17, 31 und 50 km/h, je nachdem man die Räder I I der ersten, II II der zweiten oder III III der dritten Schaltstufe in Eingriff bringt; obgleich dieses neue Vorgelege eine Verlängerung der Wellen bedingt, so daß man für die Antriebwelle eine zweite Lagerstelle anordnen muß, hat es sich doch in der Praxis gut bewährt, weil es die Möglichkeit bietet, an Brennstoffverbrauch für Leerfahrten zu sparen und hohe Fahrgeschwindigkeiten zu erzielen, ohne daß die Maschine in unzulässiger Weise beansprucht oder gar der Regler außer Tätigkeit gesetzt wird. Bei Wagen mit Vollreifen, die so hohe Geschwindigkeiten nicht zulassen, wird beim Einschalten des Vorgeleges die Maschine selbsttätig auf 600 Uml./min gedrosselt, wobei die Höchstgeschwindigkeit 33 km/h beträgt.

Besonders wichtige Fortschritte sind auch auf dem Gebiete der **Hinterachsenantriebe** für Kraftwagen zu verzeichnen. Abgesehen davon, daß es gelungen ist, das übliche Heulen der Kegelräder in der Hinterachse durch Verwendung von Kegelrädern mit gekrümmten Zähnen (Böttcher-Verzahnung u. a.) gründlich zu beseitigen und solche Zähne sogar zu schleifen, haben auch die Bestrebungen, das Gewicht der Hinterachsen zu vermindern, das

bei schneller Fahrt die Bereifung stark beansprucht und das Abfedern des Wagens außerordentlich erschwert, manchen neuen Erfolg gebracht. Wie wichtig diese Aufgabe ist, erkennt man, wenn man z. B. beachtet, welche Abmessungen die Kardanachse eines größeren Omnibus-Untergestells, Abb. 24, erhalten muß, und wie stark z. B. die Schrauben beansprucht werden, welche die Rohrteile der Achse mit dem Rädergehäuse aus Stahlguß in der Mitte der Achse verbinden. Von den Versuchen, solche Achsgehäuse aus zwei Blechhälften zusammenzuschweißen, die im Gesenk gepreßt werden, scheint man in neuerer Zeit abgekommen zu sein, weil solche Achsen leicht in Resonanz geraten und dann unruhig laufen. Bei allen neueren Wagen verwendet man dagegen aus einem durchgehenden Stück geschmiedete Achsen, die in der Mitte einen Ring für die Aufnahme des Rädergetriebes bilden und deren Enden aus dem Vollen gebohrt werden (Banjo-Achsen).

Als Beispiel ist in Abb. 25 bis 27 die Hinterachse des Austro-Daimler-Wagens dargestellt. Der Ring in der Mitte der geschmiedeten Achse nimmt auf der einen Seite den Flansch eines Gehäuses aus Leichtlegierung auf, worin alle Zahnräder so gelagert sind, daß man sie gemeinsam ausbauen kann, sobald man die lose eingeschobenen Achswellen entfernt hat. Die Verbindungsschrauben zwischen dem Gehäuse und der Achse sowie dem Kardanrohr werden durch ein Spannwerk entlastet. Die Achswellen sind zur Sicherheit der Länge nach durchbohrt und mit soviel Spiel in den Achsrohren geführt, daß sie von elastischen Durchbiegungen der Achse nicht betroffen werden und daher nur Drehmomente übertragen. Alle Beanspruchungen durch das Wagengewicht, Rückwirkungen beim Anfahren oder Bremsen und insbesondere durch die Fahrbahnstöße, treffen nur die entsprechend stark bemessene

a Achsrohre *b* Seitenstreben *c* Gleitschuhe *d* Stahlbüchsen mit U-förmigem Rand *e* Kugelzapfen *f* Träger für die Bremsbacken *g* Grundnabe *h* Kugellager.

Abb. 28 bis 30. Anordnung der schwingenden Hinterachse der Rumpler-Motoren-Gesellschaft.

Abb. 31.
a Gabeln mit *b* Enden *c* Ausgleichwelle
d gemeinsamer Ring *e*, *f* Tellerräder *g*, *h* Ritzel.

Abb. 32.

Abb. 33.

Abb. 31 bis 33. Schwingende Hinterachse des Tatra-Kleinkraftwagens.

Achse selbst. Auf ihre Enden sind kräftige Stahlgußkörper aufgepreßt, die die Federlager und die Stützen für die Bremsbacken bilden. Die Bremsscheiben sitzen an den Grundnaben, auf deren Keilriffeln die auswechselbaren mittels einer eigenartigen Muttersicherung (Rudge) gegen Abfallen geschützten Hinterräder aufgeschoben werden.

In der neuesten Zeit scheint man auch zu erkenen, daß das von Dr.-Ing. Rumpler angegebene Verfahren zum Vermindern des unabgefederten Gewichtes der Hinterachse[1]) praktisch wertvoll werden könnte; wenigstens mehren sich die Vorschläge, namentlich bei Kleinkraftwagen, sogenannte schwingende Hinterachsen zu verwenden. Der Bau der Rumpler-Wagen wird, nachdem die Firma Benz & Cie., Mannheim, ihre Versuche damit eingestellt hat, von der Rumpler-Motoren-Gesellschaft, Berlin, in eigener Fabrik fortgeführt. Die neuere Anordnung der Hinterachse, Abb. 28 bis 30, kennzeichnet sich dadurch, daß die frühere Dreieckverstrebung der Achsrohre *a* gegen den Rahmen fortfällt und die Rohre sich als freitragende Träger, nur durch die Seitenstreben *b* gestützt, mittels der entsprechend breiten Gleitschuhe *c* in Gehäusen führen. Die Gleitschuhe, die natürlich auch alle Rückwirkungen der Antrieb- und Bremskräfte übertragen müssen, sind aus sehr harter Stahlbronze gegossen und in der ganzen Ausdehnung durch Rippen verstärkt. An den Außenflächen und an den inneren und äußeren Rändern führen sie sich in Stahlbüchsen *d* mit U-förmigem Rand, die ungeteilt sind, und daher die Drücke gegen die Gleitflächen nicht auf das Gehäuse aus Leichtlegierung übertragen. Diese Büchsen sind in das Gehäuse eingepreßt und durch Stifte gegen das Mitdrehen gesichert.

An den äußeren Enden der Achsrohre sitzen Kugelzapfen *e*, auf die sich die hinteren Enden der Auslegerfedern frei stützen, ferner die Träger *f* für die Bremsbacken und einseitige Kugellager *h*, die möglichst nahe an die Mittelebenen der Hinterräder gerückt sind. Die Bremsscheiben sind mit den inneren Flanschen der Grundnaben *g* verschraubt, die mit schwach ansteigendem Kegel auf den Achswellen befestigt sind und auf die Drahtspeichenräder, Bauart Rudge, aufgeschoben werden.

Nach dem gleichen Grundgedanken, wenn auch wesentlich einfacher, ist die schwingende Hinterachse des Tatra-Kleinkraftwagens, Abb. 31 bis 33, entworfen. Die schwingenden Achsrohre sind hier mit Gabeln *a*, Abb. 32, versehen, deren Enden *b* sich in der Form von Ringausschnitten um die Kugellager der Ausgleichwelle *c* legen und außen mittels eines gemeinsamen Ringes *d* zusammengehalten werden. Im übrigen wird hier wie bei der Rumpler-Achse das Schwingen der Achshälften unbeschadet ihres Antriebes dadurch ermöglicht, daß sich beim Durchfedern die Tellerräder *e* und *f* an den Ritzeln *g* und *h* abwälzen. Von diesen sitzt nur das eine fest auf der Welle *c*, während das zweite über ein Stirnräder-Ausgleichgetriebe bewegt wird. Der ganze Achsantrieb hängt, wie aus Abb. 31 ersichtlich, an der hinteren Querfeder des Wagens. Alle Rückwirkungen beim Anfahren oder Bremsen werden über die beweglichen Achshälften auf das Mittelgehäuse übertragen, das das Ende des den Rahmen ersetzenden Mittelträgers bildet, also genügend fest hierfür ist.

Bisher scheinen sich Wagen mit diesem Antrieb auch bei ungünstigen Sraßenverhältnissen gut bewährt zu haben, obgleich die Beanspruchungen, die die Gabeln z. B. beim Anfahren eines Hinterrades gegen ein Hindernis erfahren, bedenklich erscheinen. [B 897] (Schluß folgt.)

[1]) Vergl. Z. Bd. 64 (1921) S. 1011.

Abb. 1 und 2. Turbinenlokomotive der Schweizerischen Bundesbahnen (Tender s. Abb. 3 auf S. 516)

RUNDSCHAU.

Aus dem Ausland.

Eisenbahnwesen.

Die Turbinenlokomotive der schweizerischen Bundesbahnen.

Die Turbinenlokomotive der Schweizerischen Bundesbahnen ist verhältnismäßig wenig bekannt geworden, obgleich sie eine der ersten brauchbaren Turbolokomotiven ist, während die Bauart von Ljungström und Krupp in der Literatur häufig erwähnt worden sind. Das liegt aber nur daran, daß keine ausführlichen Angaben verfügbar waren. Jetzt ist jedoch in „The Engineer" vom 7. November 1924 und in den Kruppschen Monatsheften November 1924 eine ausführliche Beschreibung[1]) mit Abbildungen erschienen, der die folgenden Angaben entnommen sind. Abb. 1 und 2 zeigen die Lokomotive, Abb. 3 (S. 516) den Tender. Sie ist durch Umbau aus einer 1 C-Dampflokomotive der S. B. B. entstanden und hat folgende Hauptabmessungen und Betriebzahlen:

Gesamtlänge mit Tender	21 090	mm
Gesamtradstand	18 065	„
Treibraddurchmesser	1520	„
Kesseldruck	14	at
Heizfläche der Feuerbüchse	12,3	m²
Verdampfungsheizfläche	106,44	„
Überhitzerheizfläche	37,80	m²
Rostfläche	2,3	„
Leergewicht	60	t
Dienstgewicht	65	„
Reibungsgewicht	45,6	„
Höchstgeschwindigkeit	75	km/h.

Die Antriebturbine von Escher, Wyß & Cie. zeigt Abb. 4. Die Lokomotive selbst ist von der Schweizerischen Lokomotivfabrik, Winterthur, gebaut. Grundsätzlich ist die Bauart die gleiche wie bei Krupp, weil Krupp die Zoelly-Turbine verwendet und die S. B.-B. zur Kühlerarbeit von Krupp übergegangen sind. Demnach sitzen auf der gleichen Welle die Vorwärts- und Rückwärtsturbine, die mit doppeltem Zahnradvorgelege eine Blindwelle antreiben. Die Turbine läuft mit höchstens 6000 Uml./min, das Übersetzungsverhältnis ist 1 : 28,7. Der Abdampf wird in einem Oberflächenkondensator niedergeschlagen und das Kühlwasser durch eine Schleuderpumpe dem Tender zugeführt, wo es durch einen Rieselkühler strömt. Ursprünglich war ein Regenkühler eingebaut, bei dem der Fahrwind dazu benutzt wurde, einen Luftstrom durch das vom Tenderdach tropfende Wasser zu treiben. Später wurde zur Unterstützung des Fahrwindes ein Lüfter eingebaut. Schließlich wurde nach Krupps Vorbild die Luft durch durchlöcherte und mit Raschigringen gefüllte Kasten gesaugt, die vom Kühlwasser berieselt werden. Zum Antrieb des Kühllüfters

[1]) Vergl. vor allem Sonderheft „Eisenbahnwesen" der Z. (1925).

Abb. 4. Antriebturbine für die Turbinenlokomotive der Schweizerischen Bundesbahnen von Escher, Wyß & Cie., Zürich.

Abb 3 Tender der Turbinenlokomotive für die Schweizerischen Bundesbahnen.

Abb. 5. Doppeltwirkende Viertaktmaschine von Burmeister & Wain für das Fahrgastschiff „Gripsholm".

a Auslaßventile
b Verbrennungskammer
c Brennstoffventil
d Ventilstangen
e Nockenwelle
f Auspuffsammelrohr
g Zugstangen
h Lufteinlaßventile
i Kolben.

dient eine Dampfturbine, deren Abdampf eine Turbine zum Antrieb der Luftpumpe speist. Eine weitere Abänderung betrifft die Feueranfachung. An die Stelle eines Unterwindgebläses ist ein Saugzuglüfter getreten. Er wird durch eine Dampfturbine angetrieben, deren Abdampf zum Vorwärmen des Speisewassers dient.

Die Schweizerische Turbinenlokomotive steht ebensowenig wie die andern in regelmäßigem Betrieb. Bei der Neuheit der Anordnung, dem beschränkten Raum und den hohen Anforderungen des rauhen Eisenbahnbetriebes sind immer noch Verbesserungen von Einzelteilen erforderlich. Dies ist nicht verwunderlich, wenn man an die lange Entwicklungszeit der Kolbendampflokomotive denkt.
[M 987] F. M.

Schiffs- und Seewesen.

Die doppelt wirkende Viertaktmaschine des Fahrgastschiffes „Gripsholm".

Der Stand der Öl- und Kohlenpreise im vergangenen Jahre gab den Anlaß, Fahrgastschiffe mit Ölmotoren auszurüsten, bei denen gerade der Brennstoffpreis für die Wirtschaftlichkeit ausschlaggebend ist.

Es ist heute noch nicht abzusehen, welche Motorbauart schließlich auf Fahrgastmotorschiffen die Oberhand gewinnen wird, da die Leistungen der auf Frachtschiffen bewährten Bauarten für Fahrgastschiffe nicht ausreichen. In Wettbewerb stehen:

1. Schnellaufende leichte Viertaktmotoren, die bis zu vier Stück über hydraulische Kupplungen und Zahnradgetriebe auf eine Welle arbeiten (Bauart Vulcanwerke, Hamburg-Stettin. In Bau befindlich sind sieben größere Anlagen).
2. Zweitaktmaschinen, die je auf eine Welle arbeiten (Beispiel: Vierwellenschiff „Aorangi"[1]).
3. Doppelt wirkende Vier- und Zweitaktmaschinen großer Zylinderleistung.

An der Entwicklung der doppelt wirkenden Maschinen für den Schiffsbetrieb wird heute sehr gearbeitet. Doppelt wirkende Viertaktmaschinen erhalten das schwedische Fahrgastmotorschiff „Gripsholm", drei ähnliche Schiffe, die bei Harland & Wolff im Bau, ferner drei bis vier weitere, die noch nicht endgültig in Bau gegeben sind, und schließlich zwei Doppelschraubenschiffe, die vom Stabilimento Tecnico, Triest, gebaut werden. Es werden also in kurzer Zeit eine ganze Reihe Fahrgastschiffe mit doppelt wirkenden Viertaktmotoren vorhanden sein. Diese werden vorwiegend von oder nach Entwürfen der Firma Burmeister & Wain, Kopenhagen, gebaut, deren einfach wirkende Viertaktmotoren[2]) heute auf Motorschiffen vorherrschen.

Über den doppelt wirkenden Burmeister & Wain-Motor, wie er auf „Gripsholm" eingebaut wird, hat H. H. Blache, Direktor von Burmeister & Wain, in der Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland eingehend berichtet. Die Schwierigkeit liegt bei dieser Maschine im Bau des Bodendeckels, Abb. 5. Durch ihn führt die Kolbenstange. Sie muß durch eine Stopfbüchse so abgedichtet werden, daß sie einen Druck von etwa 32 at und die im Betrieb auftretenden Temperaturen auszuhalten vermag.

Dem unteren Verbrennungsraum hat man solch eine Form zu geben, daß man die verschiedenen Ventile für Einlaß, Auslaß, Anlaß und Brennstoff gut anbringen kann. Dies ist schwierig,

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 449.
[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 305.

da die Mitte des Verbrennungsraumes vom Kolben eingenommen wird. Es ist nicht möglich, die Ventile rund um die Stopfbüchse anzuordnen, da der Verbrennungsraum so in verschiedene Taschen unterteilt werden würde. Man kann jedoch einen besonderen Verbrennungsmotor vorschalten. Das ist bei einer von Burmeister & Wain in Verbindung mit Harland & Wolff gebauten Versuchsmaschine geschehen, die 1000 PS mit einem Zylinder leistete. Auf die günstigen Ergebnisse mit dieser Maschine hin wurden die beiden Maschinen für „Gripsholm" von Burmeister & Wain gebaut. Jede dieser Maschinen hat sechs Zylinder von 840 mm Dmr. und 1500 mm Hub und leistet bei 125 Uml./min 6750 Wellen-PS. Das Gewicht beträgt 534 t oder 79 kg/PS. Kolben und Kolbenstange werden mit Öl gekühlt, das durch ein Teleskoprohr eingeführt und wie bei der einfachwirkenden Maschine ausgelassen wird. („Shipbuilding and Shipping Record" vom 26. Februar 1925.) [M 269]

Druckluftmaschine zum Zusammenpressen von Eisenkonstruktionsteilen.

Auf englischen Schiffswerften, vor allem auf der Werft Harland & Wolff, verwendet man seit kurzem in steigendem Maße eine durch Druckluft angetriebene Kniehebelpresse, durch welche die miteinander zu vernietenden Konstruktionsteile vor dem Vernieten durch Bolzen scharf aneinandergepreßt werden, Abb. 6 und 7.

Die Vorrichtung, die Hallett Patent Pneumatic Plate Tightening Machine, die ursprünglich in Amerika und jetzt in England hergestellt wird, besteht aus zwei einander gegenüberstehenden Druckluftzylindern, deren Kolben durch Kniehebel auf die Zugstange und auf den Druckknopf wirken, Abb. 7. Am unteren Ende der Zugstange ist eine Greifklaue befestigt, die gleichfalls durch Druckluft angetrieben wird und den Kopf des Bolzens erfaßt. Dann werden die Zylinder mit Preßluft gefüllt, und die Kolben drücken die Kniehebel in eine annähernd gestreckte Lage; dabei zieht der obere Teil des Kniehebelsystems die Zugstange nach oben, und der untere Teil preßt den röhrenförmig ausgebildeten Fuß nach unten. Durch die Kniehebelwirkung werden sehr starke Kräfte ausgelöst, und zwar bei der schwersten Maschine 9000 und 4500 kg.

RZ52Z1

Abb. 6. Schnitt durch den Keilschlitzbolzen.

Zum Verbolzen der Platten dienen besondere Bolzen, die mit einem Schlitz versehen sind, durch den ein schlanker Keil gesteckt wird, während die Maschine die Platten gegeneinanderpreßt. Die Luftzufuhr wird durch Drehen eines Handgriffes gesteuert, und zwar werden durch eine Vierteldrehung die Greifbacken der Zugstange zusammengepreßt, und durch eine weitere Vierteldrehung Luft in die Zylinder gelassen und der Bolzen dadurch angezogen.

Zum Betrieb der Maschine genügt Druckluft von dem auf den Werften üblichen Arbeitsdruck von etwa 7 at. Die tägliche Leistung der Maschine stellt sich einschließlich der Nebenarbeiten auf etwa 600 bis 1000 Bolzen bei Bedienung durch einen Arbeitsmann und einen Hilfsjungen, der die Bolzen von der andern Seite durchsteckt. Die Bolzen werden auf Sondermaschinen geschmiedet und bestehen aus hochwertigem Werkstoff; sie haben, da sie gewindelos sind, eine längere Lebensdauer als Gewindebolzen und brauchen nicht nachgearbeitet zu werden. Der Vorteil der Platten-Anzugmaschinen besteht vor allem in größerer Arbeitsleistung und in einer Verbesserung der Nietarbeit. [M 52] C.

RZ52Z2

Abb. 7. Plattenanzugmaschine.

Schmierstoffe.

Erfahrungen über Schmierung von Kraftmaschinen.

Im letzten Bericht des Technischen Ausschusses des Prime Movers Committee der National Electric Light Association, New York, werden Angaben über Parallelversuche veröffentlicht, die das Verhalten von Schmierölen im praktischen Betrieb und im Laboratorium vergleichen sollen. Diese Versuche ergaben, daß bei den untersuchten Ölen Erwärmung und Gegenwart von Luft Oxydation und Bildung von Säuren herbeiführen, während sich in Gegenwart von Wasser Schlamm und Emulsionen bildeten. Die Ergebnisse verschiedener Öle, insbesondere was ihren Lebenslauf im Betrieb betrifft, hat man mit den Ergebnissen von Laboratoriumsversuchen an ungebrauchten Ölen verglichen, um Laboratoriumsversuche ausfindig zu machen, die sich dazu eignen, Kennzeichen für genügende und ungenügende Schmiermittel abzugeben.

Die Arbeiten vorigen Jahres beschränkten sich auf besonders leichte Ölsorten (Viskositäten nach Saybolt 135 bis 165), weil es an Zeit fehlte, noch andre Öle zu untersuchen. Die Ergebnisse sollen nur zum Nutzen der Industrie und nicht zur Aufstellung von Normen dienen; denn es sind weitere Versuche im Gange, die sich für die allgemeinere Bestimmung der Oxydationsfähigkeit und Emulgierbarkeit eignen.

Die Versuche zielten darauf ab, das Verhalten der Öle im praktischen Betrieb in einer Laboratoriumsvorrichtung nachzuahmen und deren Ergebnisse mit einer Reihe von Betriebsergebnissen zu vergleichen, um auf diese Weise Störungen untergeordneter Art, die der Betrieb mit sich bringt, zu erkennen und auszuschalten. Die Beanspruchung des Öles in dieser Vorrichtung (Sludge Accelerator) sollte genau dem praktischen Betrieb entsprechen, jedoch wurden die Vorgänge derart intensiv gestaltet, daß sie sich im hundertsten Teil der Zeit abspielen.

Die Vorrichtung ist äußerst einfach: ein Kasten, durch den das Öl gepumpt und in dem es von vier Zwischenwänden gezwungen wird, einen möglichst langen Zickzackweg zurückzulegen. Dem Öl werden 10 vH Wasser zugesetzt und stündlich rd. 40 l Luft durchgeblasen; das Ganze wird auf einer Temperatur von rd. 100 °C erhalten. Die mittlere Abteilung enthält ein Rohr zur Entnahme von Proben. Die austretende Luft wird mit einem Gasometer gemessen. Bei den Versuchen wurden Proben entnommen und Öl, Schlamm, Emulsion und Wasser durch Schleudern getrennt, und zwar Schlamm von der Emulsion durch Behandlung mit Benzol und nochmaliges Schleudern.

Die Untersuchung der Proben wurde dadurch beschleunigt, daß man sie warm behandelte; da sich hierbei Petroläther zu schnell verflüchtigte, benutzte man Benzol, das sich bewährt hat. Zur Nachprüfung wurden jedoch auch Proben mit Petroläther kalt behandelt, wobei sich gute Übereinstimmung zwischen beiden Verfahren ergab.

Der Anfall an Schlamm und Emulsion, der Säuregehalt usw. wurde in Schaubilder eingetragen. Besondere Sorgfalt wurde dem Vergleich zwischen Betriebs- und Laboratoriumsversuchen gewidmet; wo die Übereinstimmung fehlte, wurde eine Erklärung gegeben oder wenigstens versucht. Unter anderm war eine Ursache solcher Unterschiede, daß die Öle wohl gleiche Handelsbezeichnungen, aber in verschiedenen Sendungen verschiedene Eigenschaften hatten; Vergleichversuche mit Ölen, die nicht aus demselben Faß stammen, sind daher immer unzuverlässig.

Der Bericht drückt die Hoffnung aus, daß die amerikanische Regierung und die American Society for Testing Materials im laufenden Jahr Normen für Versuche aufstellen werde, die sich auf alle Öle vom leichtesten bis zum schwersten anwenden lassen und die für die Schmierwirtschaft sehr wichtig wären.

Jedenfalls zeigt auch diese Arbeit wieder, daß es bei Schmierölen nicht genügt, Viskosität, Flammpunkt, Säuregehalt usw. zu kennen, um zu entscheiden, ob das Öl für diesen oder jenen Zweck geeignet ist, daß vielmehr Prüfstände, sei es für Lageröle, Zylinderöle u. a., wenn sie zielbewußt entworfen sind, sehr viel zur Aufklärung in dieser Hinsicht beitragen können.

Mineralöle sind in chemischer und physikalischer Hinsicht sehr verwickelte Gebilde, deren Erforschung vielleicht erst mit der Erschöpfung der Erdölvorräte beendet sein wird, wobei nicht verschwiegen werden soll, daß auch die deutsche Wissenschaft auf diesem Gebiet Fortschritte aufweisen kann. Vorläufig muß der Lieferer immer noch Erfahrungen im Betrieb und auf dem Prüfstand benutzen, wenn er den Käufer befriedigen will. [N 152] D.

Messung mechanischer Schwingungen.

Berichtigung. In der Veröffentlichung über das Preisausschreiben des V. d. I. in Z. Nr. 14 vom 4. April 1925 S. 432 muß es in der Fußnote heißen: ¹) Vergl. S. 455 dieses Heftes. [N 423]

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Die Gleichstromdampfmaschine. Von Dr.-Ing. eh. J. Stumpf. 3. Aufl. München 1922, R. Oldenbourg. VIII. 335 S. m. 368 Abb. Preis geb. Gm. 15.

Prof. Nägel hat die erste Auflage dieses Buches in dieser Zeitschrift, Bd. 56 (1912) S. 2074, nach Inhalt und Einstellung des Verfassers gegenüber den die Gleichstrommaschine betreffenden wärmetheoretischen Aufgaben eingehend gewürdigt. Auf diese Besprechung kann beim Erscheinen der vorliegenden dritten Auflage als im großen ganzen noch zutreffend verwiesen werden. Allerdings ist der Inhalt des Buches umgearbeitet und erheblich erweitert worden. An erster Stelle stehen jetzt die verschiedenen Verlustquellen, die der Kolbendampfmaschine noch anhaften; sie werden nacheinander aufgedeckt, zahlenmäßig verfolgt, und es wird dargelegt, wie sie nach Ansicht des Verfassers durch die Gleichstromdampfmaschine am besten auf den kleinsten möglichen Wert herabgedrückt werden können. Im zweiten Teil folgt die Darstellung der verschiedenen Bauarten und ihrer Einzelteile, wieder in außerordentlicher Vielseitigkeit und mit vielen neuartigen Lösungen.

Die Stumpfschen Gedankengänge werden nicht bei allen Fachgenossen Anklang finden. Aber alle werden die unbeirrte Beharrlichkeit und den unermüdlichen Fleiß, womit Stumpf an der Vervollkommnung seiner Maschine arbeitet, und die große Zahl der dabei gewonnenen schönen Leistungen, ich nenne nur seine Hochhub-Tellerventilsteuerung mit verdoppelter Umdrehungszahl der Steuerwelle, mit Hochachtung anerkennen. [E 345] Bonin.

Über Wärmeleitung und andere ausgleichende Vorgänge. Von Dr. Emil Warburg, Professor an der Universität Berlin. Berlin 1924, Julius Springer. X u. 106 S. mit 18 Abb. Preis geb. Gm. 5,70.

In dem vorliegenden Büchlein, das aus Vorlesungen des Verfassers entstanden ist, werden mehrere physikalische Vorgänge unter einem gemeinsamen Gesichtspunkt behandelt, nämlich der Ausgleich von Temperaturunterschieden durch Wärmeleitung und Strahlung, von Geschwindigkeitsunterschieden durch Reibung, von Konzentrationsunterschieden durch Diffusion und von Potentialunterschieden durch elektrische Leitung. Diese Vorgänge haben das gemeinsam, daß sie nicht umkehrbar oder, was dasselbe besagt, mit einem Verlust an frei verwandelbarer Energie, also mit einer Vermehrung der Entropie verbunden sind. Es ist ein besonderer Genuß, dem Verfasser durch all die genannten Erscheinungsgebiete zu folgen, allerdings kein müheloser Genuß, da die Behandlung streng mathematisch ist und bis zu Besselschen Funktionen führt, sowie auch deshalb, weil der Verfasser seine Gewohnheit, mit einem Mindestmaß von Worten auszukommen, auch als hoher Siebziger beibehalten hat. In der Tat könnte man mit dem Inhalt dieser 106 Seiten einen dicken Band füllen.

Aus der Fülle des Gebotenen seien nur erwähnt die Theorien des Taues, des Auerbrenners, des Bolometers, der Wärmeisolierfähigkeit feiner Pulver, der Gastemperatur in Geißlerschen Röhren, der physiologischen Reizung, die Schätzung geologischer Zeiträume aus der Umwandlungsdauer radioaktiver Substanzen und die bekanntlich von Kundt und dem Verfasser stammende Theorie der Gleitung von Gasen und des Temperatursprunges an Wänden. Auch viele technische Anwendungen sind gestreift und mit der erwähnten Wortsparsamkeit kurz gekennzeichnet.

Mit der Einführung des Produktes aus Masse und Temperatur als einer Wärmemenge wird nicht jeder Leser einverstanden sein. Warburg greift dabei eine besondere Masse, nämlich die des Wassers von 4°, willkürlich heraus, während man sonst bei Einführung von Grundeinheiten, wie der Masse, von der Art des betrachteten Stoffes unabhängig bleibt. Seine Definition führt zu der ungewöhnlichen Dimension der Wärmeleitzahl $\frac{\text{Masse}}{\text{Länge} \cdot \text{Zeit}}$ statt $\frac{\text{Wärmeeinheit}}{\text{Länge} \cdot \text{Zeit} \cdot \text{Grad}}$.

Dem Gesamtwert des Buches tut dieser Schönheitsfehler keinen Abbruch. [E 291] Max Jakob.

Elektrisches und autogenes Schweißen und Schneiden von Metallen. Von Dr.-Ing. F. W. Achenbach und Obering. S. J. Lavroff. Berlin 1925, M. Krayn. 176 S. m. 116 Abb. u. 21 Tabellen. Preis Gm. 6, geb. Gm. 7,50.

In der metallverarbeitenden Industrie gewinnt die Schmelzschweißung als Verbindungsmittel von Einzelteilen immer größere Bedeutung. Welches von den verschiedenen Verfahren das vorteilhafteste ist, läßt sich nur von Fall zu Fall unter Berücksichtigung der jeweiligen Verhältnisse und Bedingungen und der Leistungen der einzelnen Verfahren entscheiden.

Es erleichtert daher die Aufgabe der Entscheidung sehr, wenn ein Buch zur Verfügung steht, das über die einzelnen Verfahren Aufschluß gibt. Einem solchen Zweck soll das vorliegende Buch entsprechen. Es beschreibt die Arten der Lichtbogenschweißung, der Widerstandschweißung und das autogene Schweißen mit den dazu nötigen Einrichtungen und Hilfsmitteln. Die Anwendungsmöglichkeiten der einzelnen Verfahren werden zusammengestellt und auch die Ergebnisse von ausgeführten Schweißungen angeführt. Mit der Anwendung der Schmelzschweißung schreitet in der Praxis auch die Anwendung des autogenen Schneidens vorwärts. Auch dieses Verfahren wird in dem Buch behandelt. Zum Schluß werden dann Grundlagen der Berechnungen des Schweißens und Schneidens gegeben.

Das Buch dürfte nicht allein für die Praxis ein brauchbares Hilfsmittel sein, sondern auch allgemein Anleitung, Aufschluß und nützliche Fingerzeige geben. [E 307] Dipl.-Ing. W. Strelow.

Grundbegriffe der mechanischen Technologie der Metalle. Von Dr.-Ing. Georg Sachs, Mitarbeiter im Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung. Band 2 der Sammlung „Der metallische Werkstoff". Herausg. von Prof. Dr. W. Guertler. Leipzig 1925, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 319 S. mit 232 Abb. Preis geb. Gm. 9.

Die mechanisch-technologische Verarbeitung unserer Werkstoffe beruht auf bleibenden Formänderungen. Die Kenntnis der Gesetze dieser Formänderungen ist daher Vorbedingung für eine wissenschaftliche Behandlung der mechanischen Technologie.

Der einschlägige Tatsachenstoff ist den verschiedensten Wissenszweigen (technische Mechanik und Physik, physikalische Chemie, Mineralogie und Geologie, Metallographie und Metallkunde usw.) zugehörig und daher verstreut in der Literatur. Diesen bereits vorliegenden reichen Erfahrungsstoff zu sichten, zu verknüpfen und kritisch zu verarbeiten, ist Sachs trefflich gelungen.

Der erste Teil über „Spannung und Verformung" behandelt die Beziehungen zwischen Widerstand und Größe der Formänderung ohne Berücksichtigung des kristallinen Gefüges, der zweite Teil über „Kristalle und Verfestigung" die Eigenschaften und den Verformungsmechanismus von Ein- und Vielkristallen und der dritte Teil die Beziehungen zwischen dem Gefügeaufbau reiner Metalle und Legierungen und ihren mechanischen Eigenschaften, wobei auch der Einfluß der Wärmebehandlung von Legierungen gestreift wird. Das angefügte Literaturverzeichnis enthält Arbeiten von etwa 300 in- und ausländischen Forschern.

Es wäre wünschenswert, daß die von Sachs erstmalig zusammengefaßten wissenschaftlichen Grundlagen der mechanischen Technologie auch bald in den üblichen Technologie-Lehrbüchern Aufnahme finden möchten, die in dieser Hinsicht meist noch recht rückständig sind. [E 310] P. Ludwik.

Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmiermitteln. 4. Aufl. Aufgestellt und herausgegeben vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute, Gemeinschaftsstelle Schmiermittel, und dem Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik. (Ausschuß IX.) Düsseldorf 1925, Verlag Stahleisen m. b. H. 81 S. m. 7 Abb. Preis Gm. 4.

Das Buch, von dem die vierte erweiterte und teilweise neu bearbeitete Auflage vorliegt, gibt eine Einteilung der Schmiermittel vom Standpunkt des Verbrauchers. Der Einkäufer kann sich von den Eigenschaften des Öles für einen bestimmten Verwendungszweck ein ungefähres Bild verschaffen und dem Lieferer entsprechende Vorschriften machen. Im ersten Teil des Buches werden die Schmiermittel nach Herstellung und Verarbeitung eingeteilt und nach Herkunft, Verarbeitung und Merkmalen gekennzeichnet. Der zweite Teil enthält in 37 übersichtlichen Tafeln die gebräuchlichsten Schmiermittel, ihre einzelnen Verwendungszwecke und die an sie zu stellenden vielfachen Anforderungen; letztere sind in erforderliche und in erwünschte Eigenschaften unterteilt. Im dritten Teile werden die verschiedenen Prüfverfahren, die für die Untersuchung der Schmiermittel erforderlich sind, eingehend mitgeteilt.

Der erzeugenden und verbrauchenden Industrie werden durch dieses Buch die heute herrschenden Anschauungen des Chemikers, des Ingenieurs und des Kaufmanns von den an ein bestimmtes Schmiermittel zu stellenden Anforderungen in einer gewissen Vollkommenheit wiedergegeben. [E 332] Gw.

Kohlengeologie der Oesterreichischen Teilstaaten. Von Wilhelm Petrascheck. Teil 1. Wien 1922/24, Verlag für Fachliteratur. 212 S. m. 124 Abb. u. 6 Tafeln, Preis Gm. 24.

Von einer großzügigen Darstellung der Kohlenvorkommen der ehemaligen österreichischen Monarchie, die ursprünglich in einzelnen Aufsätzen in der Montanistischen Rundschau erschien, liegt der erste Teil geschlossen und gut ausgestattet vor uns. Der bekannte Montangeologe der Leobener Hochschule hat damit eine reichhaltige Zusammenstellung gegeben, die nach jeder Richtung erschöpfend ist. Nach einem Überblick über die kohlen-

führenden Formationen wird eine allgemeine Kohlengeologie gebracht, in der alle Eigenschaften besprochen werden, wie Struktur, chemische und physikalische Zusammensetzung, Ablagerungsverhältnisse usw. Mancherlei örtliche Eigenheiten gelangen dabei zur Sprache, wie die eigenartige „Verrussung" der Kohlen in den Karstgebieten durch Verwitterung usw. Die Besprechung der einzelnen Gebiete schließt sich dann an: die mittel- und westböhmischen Steinkohlenvorkommen, der Schatzlarer-Schwadonitzer Bezirk, der Rositzer Bezirk und die kleineren Steinkohlenvorkommen in Böhmen und Mähren sowie die Braunkohlenbildungen in den Alpen. Jeweils wird eine genaue geologische Schilderung mit Profilen und Bohrtafeln, Analysen und Vorratberechnungen gegeben. Auch Nebenerscheinungen wie etwa Kohlensäureausbrüche und die begleitenden feuerfesten Tone werden ausführlich dargestellt. Auf schönen Lichtdrucktafeln sind wichtige Leitversteinerungen abgebildet. Zahlreiche Textabbildungen, vor allen Dingen Flözprofile, machen die Darstellung sehr anschaulich. Dem Abschluß des Werkes kann man mit Spannung entgegensehen. [E 329] Harassowitz.

Die Lack- und Firnisfabrikation. Von Prof. Max Bottler. 2. verb. u. verm. Aufl. Halle 1924, Wilhelm Knapp. 123 S. m. 33 Abb. Preis Gm. 5.

Das Buch bietet für diejenigen Fachleute, die der in Betracht kommenden Industrie nahestehen, eine nützliche Zusammenfassung der zum Teil in der Literatur recht zerstreuten Technologie der Firnisse und Lacke.

Die Aufführung der Rohstoffe in dem zunächst wichtigen Abschnitt III behandelt zusammengefaßt die zahlreichen Balsame, Harze und ursprünglichen Lacke nach ihrer Herkunft und weiteren Behandlung unter Erwähnung der Kunstharze und Zelluloide.

Die für die Firnisherstellung in Betracht kommenden trocknenden Öle sind zusammenhängend eingeteilt; in gleicher Weise die flüchtigen Öle, Destillate und Lösemittel für die Lackherstellung. Weiter folgen die so wichtigen Trockenmittel, die für die einzelnen Fabriken in ihrer Zusammensetzung meist die Sonderheit ihrer Herstellung bedeuten. Unter Abschnitt IV erläutert der Verfasser zunächst die Vorbehandlung der Grundstoffe für die Lack- und Firnisherstellung für den dann folgenden Löse- und Schmelzvorgang, um mit Abschnitt V näher auf das Gebiet der Firnisse und festen Lacke überzugehen. Hierbei findet auch eine durch Abbildungen erläuterte Besprechung der neuzeitlichen Geräte statt. Den fetten Lacken wird in bemerkenswerter Weise ein größerer Raum gewidmet. Die Herstellung der für die verschiedenen Anwendungsgebiete in Betracht kommenden Lacke wird unter Aufführung von Rezepten besprochen; dieser Abschnitt macht die Schrift in vieler Hinsicht wertvoll. Unter Absatz 3 des Abschnittes V werden weiter verschiedene Geräte und Behelfsmittel aufgezählt unter Erwähnung von Aluminiumgeräten für die Leinöl- und Firniskocherei und der Lackherstellung. Der Abschnitt VI leitet dann in das Gebiet der wichtigen flüchtigen Lacke über. Auch hier werden die verschiedenen Sorten in einer Weise besprochen, die für den Fachmann infolge ihrer Gliederung lesenswert ist und durch veröffentlichte Rezepte zu Vergleichen anregt; letzteres gilt besonders von den Asphalt-Tauchlacken und den schwieriger herzustellenden Kautschukfirnissen. In gleicher Weise werden unter VII weiter die alkoholischen Lacke nebst den verschiedenen Abarten behandelt, besonders die für eine wirtschaftliche Herstellung so wichtigen Urlösungen auf Alkoholbasis. Wichtige Rezepte werden hierbei veröffentlicht und einige häufiger bei der Wagenlackierung gebräuchliche Lacke nebst den Bronzelacken erwähnt. Unter Abschnitt VIII findet man die Aufführung der Kunstharzlacke, der Bakelit-, Politur- und Mattlacke, auf die ein näheres Eingehen jedoch für den Fachmann wünschenswert gewesen wäre. Das unterschiedlich behandelte Gebiet der Lackfärbung einerseits und ihrer Entfärbung anderseits wird unter Kapitel IX gestreift. Die Filtration der Lacke ist unter Aufzählung einiger Filtriergeräte behandelt. Zum Schluß wird die für ein gutes Erzeugnis nicht ganz einfache Herstellung der Buchdruckerei- und Lithographenfirnisse aufgeführt und hierbei wieder bemerkenswerte Einzelheiten nebst Rezepten bekanntgegeben. Auch die für bessere Buchdruckereiarbeiten in Betracht kommenden Seifen- und Resinatlacke werden neben den Caseinlacken erwähnt. Das Buch ist empfehlenswert. [E 220] E. Herrndorf.

Lebende Bücher. Herausgegeben von Ad. Deckert, München, 1924, Josef Kösel & Friedrich Pustet. Umfang und Preis verschieden.

Die „Lebenden Bücher", die seit einigen Jahren in zwangloser Folge erscheinen und deren Herausgeber sich zur Aufgabe gestellt hat, in Einzeldarstellungen das gesamte Gebiet der Technik zu behandeln, sind in der letzten Zeit durch einige Bände vermehrt worden. Es läßt sich jetzt schon in geringem Maß übersehen, in welcher Weise sich die sieben Gruppen gestalten werden. Besonders die Gruppe Mathematik läßt erkennen, in welcher Art der Herausgeber die verschiedenen Gebiete darzustellen beabsichtigt. Die entwickelnde Darstellungsweise macht die Bücher besonders für den Selbstunterricht geeignet und vermittelt mühelos die Einführung in das Verständnis des Stoffes.

Bei den nahezu abgeschlossenen Gebieten ist die Aufgabe gut erfüllt, doch zeigt sich bei den durch die Fortschritte der Technik sich ständig ändernden Abschnitten selbst hier, wo die lexikale Form der Enzyklopädie verlassen ist, die Schwierigkeit, den Inhalt neuzeitlich zu erhalten, besonders auch in der Gruppe der Organisation der Technik, wo man die Errungenschaften der Neuzeit nicht entbehren kann. Es wird dem Herausgeber nicht leicht werden, durch Neuauflagen Ergänzungen zu vermeiden, doch ist durchaus erwünscht, daß die Gruppen vervollständigt werden und daß auch die Zahl der Gruppen vergrößert wird. Aus der Art der Einteilung der Gruppen läßt sich ersehen, daß es gut möglich ist, eine Auswahl solcher Bücher für verschiedene Berufe und Fachrichtungen zusammenzustellen.
[E 300] Dipl.-Ing. Deutsch.

Die selbsttätigen Feuerlöschbrausen (Sprinkler) und die Drencher Anlagen. Von Obering. Carl Flach. 2. Aufl. Berlin, Franz Weber. 147 S. m. 130 Abb. u. 5 Taf. Preis Gm. 8.

Der im Jahre 1911 erschienenen ersten, bald vergriffenen Auflage des Buches von Flach über selbsttätige Feuerlöschbrausen (Sprinkleranlagen) ist eine zweite unter Berücksichtigung der wesentlichen Neuerungen erweiterte Auflage gefolgt, wobei die bereits überholten Konstruktionen durch einen besonderen Hinweis gekennzeichnet sind. Das Handbuch gibt einen Überblick der in Deutschland eingeführten Sprinklerverfahren, der Geräte, wie Brausen und Ventile, der Rohrleitungen sowie der Vorschriften für den Einbau, die bei Feuersgefahr die größte Sicherheit gewährleisten sollen. Bei den klaren Ausführungen des Verfassers, die durch zahlreiche Abbildungen ergänzt werden, ist es ein leichtes, die für den einzelnen Betrieb notwendige selbsttätige Löschanlage auszuwählen. [E 331] Gw.

Die Bearbeitung der Metalle in Maschinenfabriken. Von Ernst Preger. 8. neubearb. Aufl. Leipzig 1925, Max Jänecke. 426 S. m. 423 Abb. Preis Gm. 8,10.

Costruzioni Elettromeccaniche. Von E. Morelli. Vol. I. Generatrici a corrente continua. P. 807, 724 fig. e 29 tav. Pr. 80 L. (nette). Vol. II, Sez. 1a — Generatrici a corrente alternata P. 601, 619 fig. e 45 trav. Pr. 75 L. (nette), Vol. III, Sez. 2a. Applicazioni elettromeccaniche P. 144, fig. 118 a 36 tav. Pr. 36 L. Torino 1924, Unione Tipografico Editrice Torinese.

Essentials of drafting. By Carl L. Svensen. 2. Edition-Revised. Second-Printing-Corrected. New York 1924, D. van Nostrand Company. 194 S. m. 450 Abb. Preis $ 1,75.

Handbuch des Müllers u. Mühlenbauers. Von R. Sacher. 2. neubearb. Aufl. Leipzig, Verlag des Deutschen Müller. 552 S. m. 567 Abb. Preis Gm. 7.

Vorschriften für Eisenbauwerke. Berechnungsgrundlagen für eiserne Eisenbahnbrücken (BE). Amtliche Ausgabe. (Deutsche Reichsbahngesellschaft.) Berlin 1925, Wilhelm Ernst. 54 S. m. 14 Anlagen. Preis Gm. 3.

Wasserversorgung und Brunnenbau. Von Edmund Groh. Berlin 1925, Laubsch & Everth. 173 S. m. 218 Abb. Preis Gm. 5,50.

Die Reichsbahn. Jg. 1925, Nr. 1. Berlin 1925. Guido Hackebeil. S. 13 bis 20. Preis für das Halbjahr Gm. 7,20, für 1 Heft Gm. 0,40.

Das wirtschaftliche Amerika. Von Carl Köttgen. Berlin 1925, VDI-Verlag. 183 S. m. 40 Abb. Preis Gm. 5.

Das Arbeitsrecht in der Praxis. Von Franz Goerrig. 1. Bd. 1924. München u. Berlin 1925, R. Oldenbourg. 222 S. Preis Gm. 6.

Geschichtszahlen der drahtlosen Telegraphie u. Telephonie. Von Fr. M. Feldhaus u. W. H. Fitze. Mit einem Anh. von Dr. Harbich. Führer durch die geschichtliche Ausstellung der deutschen Reichspost. Berlin 1925, Rothgießer & Diesing. 154 S. Preis Gm. 3.

Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie u. Telephonie. Von Franz Anderle. 6. stark verm. Aufl. Leipzig u. Wien 1925, Franz Deuticke. 301 S. m. 294 Abb. Preis Gm. 12.

Denkschrift anläßlich des 50jährigen Bestehens der Firma **Gebrüder Weißbach,** Abt. Carl Sulzberger & Co. Chemnitz/Flöha i. Sa. 1874—1924.

Die amtliche deutsche Einheitskurzschrift. (Reichskurzschrift) für den Unterricht in den Eisenbahnschulen u. zum Selbstunterricht. Von B. Gaster u. G. Onken. Berlin, Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittel-Gesellschaft bei der Deutschen Reichsbahn. 68 S. Preis Gm. 1,50.

Der Sterne Bahn und Wesen. Von Max Valier. Leipzig 1924, R. Voigtländer. 500 S. m. 9 Abb. u. 6 Taf. Preis Gm. 12,50.

Verzeichnis ausländischer Zeitschriften. Von Emil Rohmkopf. Leipzig. H. 9, Februar 1925.

ANGELEGENHEITEN DES VEREINES.

64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure zu Augsburg und München, 9. bis 11. Mai 1925.

Das Programm der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure ist schon in Z. Nr. 10 vom 7. März 1925 S. 328 übersichtlich veröffentlicht. Zur Ergänzung sei hier über den wissenschaftlichen Teil des Programmes noch folgendes mitgeteilt.

Die wissenschaftlichen Verhandlungen

beginnen am Sonntag, dem 10. Mai, vormittags 9,30 Uhr, im Ludwigsbau in Augsburg. Hierbei wird Professor Dr.-Ing. Nägel, Dresden, über „Technisch-wissenschaftliche Forschungsarbeiten in den Vereinigten Staaten von Amerika" sowie Generaldirektor Dipl.-Ing. Pöppelmann über „Industrialisierung der Landwirtschaft" sprechen.

Fachsitzungen.

Bereits am Vortage, Sonnabend, dem 9. Mai, nachmittags 2,30 Uhr, finden gleichzeitig drei Fachsitzungen statt. In der Fachsitzung

Dieselmaschinen

im Schwabensaal (früher Apollotheater) wird nach einer Begrüßungsansprache des Geh. Baurates Dr.-Ing. Lauster, Augsburg, Professor Dr.-Ing. Nägel über „Die Dieselmaschine in Amerika" berichten. Darauf folgen Vorträge von Dr.-Ing. Geiger, Augsburg, über „Dieselmotor und Kraftübertragung für Großöllokomotiven", von Dr.-Ing. Mayer, Eßlingen, über „Die Diesellokomotive vom Standpunkt des Lokomotivbaues", von Obering. Hintz, Essen, über „Mittel und Wege zur Beeinflussung der Verbrennung beim Strahlzerstäubungsverfahren" und von Dr.-Ing. Riehm, Augsburg, über „Schnellaufende Dieselmaschinen für Fahrzeuge".

Die Fachsitzung

Erziehungswesen

im Ludwigsbau, kleiner Saal, wird eingeleitet durch einen Vortrag des Geh. Reg.-Rates Prof. Prinz, München: „Der technologische Unterricht an der Technischen Hochschule München". Ferner wird Oberstudiendirektor Prof. Grunewald, Köln, das Thema „Der technologische Unterricht an technischen Lehranstalten" behandeln und Direktor Dipl.-Ing. C. Volk über „Schule und Normung" sprechen.

Die dritte Fachsitzung

Neuzeitliche Herstellverfahren

(Fließende Fertigung) im Ludwigsbau, großer Saal, wird eingeleitet durch einen Vortrag von Dir. Dipl.-Ing. Schmerse, Nürnberg, über „Verkehrs- und Arbeitsbeschleunigung in den Vereinigten Staaten". Außerdem spricht Prof. Dr.-Ing. Sachsenberg über „Psychologie der Arbeit am Band".

Am Sonntag, dem 10. Mai, nachmittag 2,30 Uhr, finden ebenfalls gleichzeitig drei Fachsitzungen statt. In der Fachsitzung

Vergasen und Entgasen[1]),

die in den „Drei Mohren", großer Saal, abgehalten werden wird, zuerst Dipl.-Ing. zur Nedden, Berlin, über „Wirtschaftsfragen der Ent- und Vergasung" berichten. Der anschließende Vortrag von Oberbaurat Ludwig, München, handelt über „Die Entwicklung der Entgasungsräume und ihr Einfluß auf die Erzeugnisse". Ein dritter Vortrag von Dir. Dr.-Ing. Trenkler, Berlin, behandelt das Thema „Die Verschwelung der minderwertigen Brennstoffe und ihre Aussichten".

In der Fachsitzung im kleinen Saale des Ludwigsbaues

Technik in der Landwirtschaft

wird Dir. Dr.-Ing. Gminder, Reutlingen, über „Hanfbau und Hanfverwertung in Deutschland" und Dr. Reinau, Berlin, über „Die Kohlensäure des Ackerbodens, ein Beitrag zur deutschen Kohlenstoffbilanz" sprechen.

Die dritte Fachsitzung

Dampfkesselwesen

im großen Saale des Ludwigsbaues wird ausgefüllt durch einen Vortrag von Dr.-Ing. Münzinger, Berlin, über „Das Dampfkesselwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika, Eindrücke auf einer Studienreise".

Die

Besichtigung des neu eröffneten Deutschen Museums

in München findet am Montag, dem 11. Mai, 10 Uhr vormittag, statt. Hierbei wird der Vorstand des Deutschen Museums, Reichsrat Dr.-Ing. eh. Dr. Oskar v. Miller, die Begrüßungsansprache halten.

Am Dienstag, dem 12. Mai, finden zahlreiche Besichtigungen in Augsburg und München statt. Am Mittwoch, dem 13. Mai, werden von München aus Tagesausflüge nach den Kraftwerken am Inn und der „Mittleren Isar" unternommen.

Weitere Einzelheiten, insbesondere über die Bestellungen von Teilnehmerkarten und Wohnungen, sind aus der Veröffentlichung in den V. d. I.-Nachrichten Nr. 10 vom 11. März 1925, 1. Beiblatt, zu ersehen. [V 411]

[1]) Über dieses wichtige Thema wird am 25. April ein Fachheft der Zeitschrift in erweitertem Umfang erscheinen.

Schluß des Textteiles.

I N H A L T :

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 | SONNABEND, 25. APRIL 1925 | NR. 17

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 576.

Entgasen und Vergasen.

Das vorliegende Fachheft ist den Fragen der wirtschaftlichen Verwertung unsrer Brennstoffe gewidmet. Ein Teil der Aufsätze (Dipl.-Ing. zur Nedden, Oberbaurat Ludwig, Dr.-Ing. Trenkler) wird in der Fachsitzung „Entgasen und Vergasen" gelegentlich der Hauptversammlung des V.d.I. in Augsburg am Sonntag, dem 10. Mai, vorgetragen werden. Durch die vorausgehende Veröffentlichung soll allen Fachleuten Gelegenheit gegeben werden, sich auf den Meinungsaustausch in der Fachsitzung vorzubereiten.

Wirtschaftsfragen der Entgasung und Vergasung.

Von Dipl.-Ing. zur Nedden, Geschäftsführer der Technisch-wirtschaftlichen Sachverständigenausschüsse des Reichskohlenrates, Berlin.

Die Treib- und Schmierölfrage eine nationalwirtschaftliche Kernfrage. Die volks- und privatwirtschaftlichen Auswirkungen der Brennstoffzerlegung. Die „wirtschaftliche Gleichung". Die Koksfrage — der wirtschaftliche Angelpunkt aller Ent- und Vergasungsfragen.

Die Ölversorgung eines Landes ist heute eine nationale Daseinsfrage geworden; denn das Öl ist als Schmieröl die Voraussetzung eines jeden Maschinenbetriebes; als Treiböl stellt es in unerreicht verdichteter Form den Energieträger für unabhängige Betriebe und rasche, ungebundene Beförderung dar.

Für industriell hochentwickelte, aber an natürlichen Ölvorkommen arme Länder, wie diejenigen West- und Mitteleuropas, hat die Ölfrage noch eine besondere volkswirtschaftliche Bedeutung. Können sie nicht im Inland billig genug Öl aus Kohlen gewinnen, so geraten sie in national gefährliche Abhängigkeit vom Weltölmarkt, was sich zunächst in Verschlechterung ihrer Handelsbilanz durch die Notwendigkeit der Öleinfuhr ausspricht.

Man kann darüber streiten, bis zu welchem Grad im normalen Warenaustausch der Völker ein vollständig gesättigter Inlandsölmarkt für das Einzelvolk notwendig ist. Aber einmal werden auch die natürlichen Ölvorkommen aller Voraussicht nach in nicht zu ferner Zukunft zur Neige gehen; vor allem aber ist Deutschlands Handelsbilanz, auf der die Stabilität seiner Währung und die Befriedigung seiner Gläubiger beruht, so stark passiv, daß jede Anstrengung gemacht werden muß, die Einfuhrposten abzubauen und die Ausfuhrposten zu stärken.

Deutschland führt zurzeit jährlich etwa für 130 bis 150 Mill. ℳ ausländische Treib- und Schmieröle ein. Während dieser Posten aber im Jahre 1913 von einem Kohlenausfuhrüberschuß von rd. 430 Mill. ℳ abging, kommt er heute zu einem Kohleneinfuhrüberschuß (1924) von rd. 215 Mill. ℳ hinzu. Innerhalb einer gegen 1913 um rd. 630 Mill. ℳ verschlechterten Brennstoff-Handelsbilanz hat im Jahre 1925 die Öleinfuhr für Deutschland ein ganz andres Gesicht, zumal sie wegen der zunehmenden Verwendung von Treibölen zum Steigen neigt.

Genau so wie ein Finanzminister „keine Ausgaben ohne Deckung" zulassen darf, müssen die Leiter unsrer Wirtschaft darüber wachen, daß jeder Steigerung unsres Ölbedarfes eine gleiche oder womöglich stärkere Steigerung unsrer inländischen Ölerzeugung entspricht. Wir müssen uns ganz klar darüber sein, daß jeder neue Ölmotor in der Landwirtschaft, jeder neue Kraftwagen, jedes neue Flugzeug unsre jährliche Handelsbilanz mit rd. ¼ bis ½ seines Kaufpreises an Öleinfuhr belastet, wenn wir nicht die Inlandölerzeugung steigern.

Dies ist aber im wesentlichen nur möglich durch Ölgewinnung aus festen Brennstoffen, und diese ist bis jetzt wirtschaftlich nur möglich, indem man die Brennstoffe, anstatt sie kurzweg zu verbrennen, vor der Verbrennung zerlegt, also entgast, oder auch sie ganz vergast, um aus den Gasen das Öl zu gewinnen. Darum schält sich die Frage der wirtschaftlich erfolgreichen Entgasung oder Vergasung als Kernfrage des deutschen Daseinskampfes heraus.

Zu diesen Erkenntnissen, die leider in Deutschland noch viel zu wenig Allgemeinheit sind — sehr im Gegensatz zu England und Frankreich! —, gesellen sich andre grundlegende Notwendigkeiten, die uns mit gebieterischer Gewalt zwingen, dieser Kernfrage unsre größte Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Die Verwandlung Deutschlands aus einem Kohlenausfuhr- in ein Kohleneinfuhrland macht es notwendig, den inländischen Verbrauch an hochwertigen, zur Ausfuhr geeigneten Kohlensorten nach Möglichkeit zu verringern. Gerade für die sogenannten minderwertigen Sorten bietet die Ent- oder Vergasung ein besonders gutes Mittel zu hochwertiger Ausnutzung: Entweder haben sie die hierzu erwünschte kleinstückige Form (Grus- und Klarkohlen), oder sie sind mit so hohem Feuchtigkeitsballast behaftet (Schlammkohlen, Braunkohlen), daß die Fernleitung des aus ihnen gewonnenen Gases billiger wird als die Beförderung der Rohkohlen.

Ganz abgesehen aber von diesen rein brennstoffwirtschaftlichen Fragen müssen wir aus gesamtwirtschaftlichen Gründen auf jedem nur möglichen Wege bestrebt sein, die Gewinnungskosten unsrer industriellen und landwirtschaftlichen Gütererzeugung herabzusetzen. Die Kosten für die Erzeugung von Maschinenkraft und Wärme bilden einen erheblichen Bestandteil der Gesamterzeugungskosten. Sie werden, abgesehen von verfeinerter Wärmewirtschaft des Einzelbetriebes, am wirksamsten verringert, indem man die Energie in großen Einheiten erzeugt und in Form von elektrischem Strom oder Gas auf weite Strecken den Einzelverbrauchern zuführt. Dabei muß danach gestrebt werden, daß auch die Elektrizität mehr und mehr nicht durch Verbrennung der Rohkohlen, sondern unter vorheriger Zerlegung der Kohlen in Koks, Gas und Öle aus den Zerlegungserzeugnissen gewonnen wird. Dieser Weg wird bereits beschritten, und somit wird die Ent- und Vergasung auch zu einer wichtigsten Vorstufe der Elektrizitätserzeugung.

Schließlich ergibt sich noch ein weiterer zwingender Grund, die Kohlen durch Ent- oder Vergasung zu zerlegen. Deutschland ist übervölkert. Wir sind auf starke Einfuhren an Nahrungsmitteln und Rohstoffen angewiesen. Es bleibt uns nichts andres übrig, als möglichst viel Ver-

feinerungserzeugnisse auszuführen, d. h. dafür möglichst viel gewinnbringende Arbeit an die Einheit Rohstoffe zu knüpfen. Die einfache Verbrennung des Rohstoffes Kohle beraubt Deutschland einer großen Menge von Arbeitsmöglichkeiten. Je mehr Stoffe wir den Kohlen vor der Verbrennung entziehen, desto mehr Arbeitsgelegenheit schaffen wir erstens in den Zerlegungsvorgängen selbst, zweitens in den Zerlegungsergebnissen, wie Teer, Koks und Gas, auf denen sich große Industrien wie die chemischen Industrien, die Zentralheizungsindustrie, die Gasindustrie u. a. m. aufbauen. Selbstverständlich muß jeder einzelne Gewinnungs- und Verwendungsvorgang in sich wirtschaftlich sein. Gelingt dies trotz höchster Verfeinerung der Technik im Einzelfalle nicht, so bietet sich noch die kaufmännische Aufgabe, eine Wirtschaftlichkeit dadurch herbeizuführen, daß mehrere Verfeinerungsvorgänge in einer Hand vereinigt werden, um durch Ausschaltung von Zwischengewinnen die Gesamtwirtschaftlichkeit zu erreichen.

Diesen auf Zusammenschluß der Energieerzeugung und der Veredlungsvorgänge hinwirkenden Wirtschaftlichkeitsrücksichten steht auf der andern Seite die soziologische Forderung nach tunlichst weiter Dezentralisierung der Menschenmassen gegenüber, um die aus Menschenzusammenballung entstehenden sozialen Spannungen zu mildern. Neben der Gas- und Elektrizitäts-Fernversorgung bietet hierzu vor allem auch der Kraftfahrzeug- und Verbrennungsmaschinenbetrieb die Handhabe, zu dem die bei der Ent- und Vergasung gewonnenen Erzeugnisse die Voraussetzung sind. Diese Wege der Dezentralisation der Energieversorgung entlasten gleichzeitig unsre Schienenwege und Straßen von schwierigem und kostspieligem Massengüterverkehr, und verbilligen auch dadurch insgesamt die Erzeugung.

Letzten Endes treten neben diesen rein wirtschaftlichen und sozialen Gesichtspunkten noch sehr stark andre Triebkräfte in die Wertung des Entgasungs- oder Vergasungsvorganges ein. Diese bestehen in den großen Annehmlichkeiten und mittelbaren Vorteilen, die die Verwendung von Gas zu bieten vermag: Raumersparnis, Sauberkeit, Rauchlosigkeit, ausgezeichnete Regulierungsfähigkeit der Flamme u. dgl. Diese Annehmlichkeiten werden vielfach für Gasfeuerung selbst dann den Ausschlag geben, wenn der Wärmepreis etwas höher ist als bei Erzeugung der Wärme durch Verbrennung von Rohkohle. Auf der andern Seite haften dem Bezug von Gas statt von Rohkohle unter Umständen auch Nachteile an, wie z. B. die Abhängigkeit von einer Zentrale, über die man nicht selbst verfügt. Solche Bedenken sprechen aber nicht gegen die Verwendung von Gas an sich, sondern können lediglich den Ausschlag dafür geben, ob man das Gas von dritter Seite bezieht oder in eignen Gaserzeugern herstellt.

Zusammenfassend sind die folgenden gesamtwirtschaftlichen Forderungen maßgebend dafür, daß wir den Fragen der Ent- und Vergasung die denkbar stärkste Aufmerksamkeit entgegenbringen müssen:

1. Zusammenfassung der Energieerzeugung; Dezentralisierung der Energieverwendung.
2. Gewinnung möglichst großer Mengen des hochwertigen Energieträgers Öl aus möglichst minderwertigen Rohkohlen zur Verbesserung unsrer Handelsbilanz.
3. Erschließung möglichst vieler neuer Erwerbmöglichkeiten durch die Zerlegung der Kohlen in ihre Bestandteile vor der Verbrennung.
4. Herabsetzung des Energiekostenanteiles an der industriellen und landwirtschaftlichen Erzeugung.
5. Auflösung der Menschenmassen.
6. Erhöhung der Betriebs- und Lebensannehmlichkeiten.

Alle diese gesamtwirtschaftlichen Forderungen würden aber wirkungslos bleiben, wenn die technische und kaufmännische Wirtschaftlichkeit der Ent- und Vergasungsverfahren nicht in jedem Einzelfalle den geldlichen Gewinn ergäben, der allein den Anreiz bietet, sie ein- und durchzuführen. Der Ingenieur ist gar zu leicht geneigt, die Forderung zur Einführung eines Verfahrens oder zur Aufstellung von Anlagen schon dann zu erheben, wenn es vom technischen Standpunkt aus wirtschaftlich ist, d. h. in diesem Falle, wenn als Endergebnis der Ent- und Vergasung mehr Wärme oder Wertstoffe zur Verfügung stehen als bei Verbrennung der Rohkohlen.

Dies genügt aber nicht. Es ist auch erforderlich, daß dieses Mehr an technischer Ausnutzung kaufmännisch verwertbar, also marktfähig ist, und ferner, daß die Ersparnis an Betriebstoffen größer ist als der durch die Neuerung erforderliche zusätzliche Kapitaldienst. Dazu tritt in der heutigen Lage Deutschlands, daß selbst dann, wenn alle diese Voraussetzungen erfüllt sind, das Kapital vielfach nicht aufgebracht werden kann. Man muß sich darüber klar sein, daß dem Kapital bei dem herrschenden Zinsfuß schon ganz besondere Gewinnmöglichkeiten winken müssen, wenn der Inhaber bewogen werden soll, es in eine Anlage zu stecken, die immer mit gewissen Wagnissen verknüpft ist, anstatt es einfach auszuleihen. Es muß also bei der Ent- oder Vergasung nicht nur an sich ein Gewinn herausspringen, sondern dieser Gewinn muß erheblich größer sein als der landesübliche Zinsfuß.

Der Ingenieur darf also die Ent- und Vergasungsverfahren nicht nur technisch nach Kalorienwerten, sondern er muß auch die Mark- und Pfennig-Frage sorgsam prüfen. Für jeden Ent- oder Vergasungsvorgang muß die wirtschaftliche Gleichung erfüllt sein:

Einnahmen für Koks + Gas + Teer + sonstige Erzeugnisse = Ausgaben für Rohstoffe + Kosten des Verfahrens einschließlich Tilgung und Verzinsung + Gewinn,

wobei der letzte Posten zurzeit erheblich größer sein muß als 8 vH, es sei denn, es würden besondere, nicht unmittelbar in Geld auszudrückende Vorteile erreicht, die an anderen Stellen des Gesamtbetriebes in entsprechenden Gewinn umgesetzt werden können.

Die Schwierigkeit, diese Gleichung zu erfüllen, liegt bei der Entgasung vor allem darin, daß die vier Posten der Einnahmenseite nach Menge und Marktfähigkeit in sehr ungünstigem Verhältnis zueinander stehen. Die Entgasung von 1 t Steinkohlen bringt z. B. nur etwa 15 bis 30 kg Teere und Öle, dagegen 300 bis 350 m^3 Gas und 700 bis 800 kg Koks. Während für die geringen Flüssigkeitsmengen der Absatz im allgemeinen verhältnismäßig leicht zu finden ist, bereitet der gewinnbringende Absatz des Gases in der Nachbarschaft der Anlage häufig schon Schwierigkeiten, und eine ernste Frage ist im allgemeinen die der Absatzfähigkeit der großen Koksmengen. Niemals war diese Frage ernster als heute, wo allein auf den Zechenkokereien des Ruhrgebiets 2½ Mill. t, d. h. mehr als eine Monatserzeugung an Koks, auf Lager liegen.

Wir können daher den oben umrissenen volkswirtschaftlichen Forderungen nur dann gerecht werden, wenn wir vor allem durch technische und kaufmännisch-organisatorische Maßnahmen die Aufgabe lösen, den Koks entweder auf dem Markt unterzubringen bzw. in der entgasenden Anlage selbst zu verbrauchen, oder ihn stark zu verringern, wenn nicht ganz zu vermeiden. Die Koksfrage ist der wirtschaftliche Angelpunkt aller Ent- und Vergasungsaufgaben.

Welche Wege zur Lösung der Koksfrage beschritten werden, ergibt sich aus dem weiteren Inhalt dieses Heftes. Es sind im wesentlichen drei Richtungen, in denen die Lösung angestrebt wird:

1. durch Erweiterung der Verwendungsmöglichkeiten von Koks, z. B. Verfeuerung unter Kesseln, Brikettierung, Verstaubung, wobei der Kokspreis stark mitspricht,
2. durch Herstellung leichter verwendbarer Kokssorten, möglichst unter gleichzeitiger Verbesserung des Gas- und Ölausbringens (Halbverkokung),
3. durch Koksvergasung, also teilweises oder gänzliches Beseitigen des Koksanfalls.

Immer muß die „wirtschaftliche Gleichung" erfüllt sein. Daß dieses Ziel erreicht werde, dürfen wir von der rastlosen Tätigkeit so vieler unsrer besten technischen und wirtschaftlichen Köpfe erhoffen. [B 386]

Die Entwicklung der Gaserzeugungsräume,

ihr Einfluß auf die Erzeugnisse und die Wirtschaftlichkeit des Betriebes.

Von Dipl.-Ing. B. Ludwig, Direktor der Münchener Gaswerke.

Die Auswahl der Kohlen ist in erster Linie maßgebend für die Art und Menge der Erzeugnisse, die technische Behandlung der Kohlen in den Oefen in zweiter Linie. — Erörterung des Einflusses der Form, Art und Beheizung des Entgasungsraumes auf die Erzeugnisse und auf die Betriebswirtschaft. — Das Streben der Gaswerke und Kokereien führte zu feuerungstechnischen Fortschritten und Verbesserung der Erzeugnisse durch Anpassung der Entgasungsräume an die gegebenen Kohlen. Der Silikabaustoff verdrängt ersichtlich die Schamottebaustoffe. — Die Gaswerke und die Kokereien sind heute fast auf einer Linie der Entwicklung angelangt. Als Entgasungsraum dient die hohe schmale Kammer mit 12- und 24stündiger Entgasung. Beide Industrien haben sich auf ihrem Entwicklungsgang genähert; beide sind heute Großzentralen für Wärme-, Licht- und Kraftversorgung.

Geschichtliche Entwicklung.

Die Entwicklung der Vergasungsindustrien, der Gaswerke und der Kokereien hat gelehrt, daß das Studium der physikalischen Bedingungen des Wärmeüberganges von Heizgasen durch eine feuerfeste Wand auf den Kohleninhalt und der hierdurch hervorgerufenen Veränderungen der Kohlen und ihrer Zersetzungserzeugnisse eine der wichtigsten Aufgaben dieser Industrien ist. Dabei sind die Ausmaße der Entgasungsräume, ihre Lage und ihre Heizung von ausschlaggebender Bedeutung.

Gaswerke.

Maßgebend für die Entwicklung der Gaswerke sind die Bedürfnisse der Abnehmer, die Güte der verarbeiteten Kohlen und besonders auch die sozialen und städtischen Verhältnisse gewesen. Zu Anfang, als das Leuchtgas fast ausschließlich für Beleuchtungszwecke verwendet wurde, war die Leuchtkraft des Gases, also sein Gehalt an schweren Kohlenwasserstoffen, ausschlaggebend. Photometer und Hefnerkerze lieferten die Vergleichgrundlage; der ohnehin hohe Heizwert war mehr oder weniger Nebensache. Die Einführung des Auerschen Glühstrumpfes brachte eine vollkommene Umwälzung; die Leuchtkraft des Gases trat in den Hintergrund, außerdem steigerte sich die Verwendung des Gases zum Kochen und Heizen; dementsprechend führte sich als Vergleichmaßstab der Heizwert ein. Ein Bedürfnis nach einem besonders hohen Heizwert war nicht mehr gegeben, und, gefördert durch den Wettbewerb der ofenbauenden Firmen, trat das Streben nach hoher Ausbeute an Wärmeeinheiten aus den Kohlen ein.

Eine eigenartige Entwicklung hat der Koksabsatz der Gaswerke genommen. Der Koks, in den ersten Anfängen als Auffüllstoff für Gruben, dann als Unterfeuerungsstoff für die Gaserzeugungsöfen verwendet, wurde erst später, besonders durch die Bemühungen Meidingers, als Brennstoff in den Haushalt eingeführt. Seitdem ist seine Bedeutung gestiegen, und der Gasanstaltskoks ist heute ein unentbehrlicher Brennstoff, an den die gleichen Güteanforderungen wie an den Zechenkoks gestellt werden. Der Teer, ursprünglich ein notwendiges Übel, benützt zur Feuerung der Gaserzeugungsöfen, ist durch die Entwicklung der Farbenindustrie ein wertvolles Nebenerzeugnis geworden; Ammoniakwasser, zuerst als lästiger Abfallstoff beseitigt, ist seit langer Zeit ein geschätztes Erzeugnis.

Die Entwicklung der Entgasungsräume der Gaswerke war neben anderm vorzüglich durch die Gleichmäßigkeit der Gasabgabe bedingt. Die Leistung der Gaswerke, ursprünglich gering, erforderte der Gleichmäßigkeit der Gaserzeugung wegen kleine sich überdeckende Ladungen. Die wagrechten Retorten, anfänglich mit nur 50 bis 120 kg Ladegewicht, wurden entsprechend dem steigenden Bedürfnis zunächst durch größere mit etwa 300 kg ersetzt, und die Entleerung später durch Schräglage oder Maschinenbetrieb erleichtert. So entstand im Jahre 1892 der Schrägretortenofen mit etwa 250 bis 350 kg Ladegewicht für jede Retorte, und aus ihm entstand wiederum aus Gründen der Arbeitsvereinfachung 1903 der Riessche Schrägkammerofen mit 3000 bis 7000 kg Ladegewicht für jede Kammer. Gleichzeitig kam 1904 die Senkrechtretorte mit etwa 440 kg Einsatz auf, die sich allmählich vom Jahre 1910 ab in den Senkrechtkammerofen mit 2000 bis 5000 kg Ladegewicht verwandelte. Heute beherrscht das Feld der Kammerofen in senkrechter, schräger und wagerechter Lage mit 12- und 24stündiger Entladezeit.

Kokereien.

Ganz anders waren Ziel und Entwicklung der Kokereiindustrie. Dem Bedürfnis, besten Koks für den Hochofenbetrieb zu gewinnen, entsprungen, war die Koksgewinnung Haupt-, alles andere wie Gas-, Teer- und Ammoniakgewinnung zunächst Nebensache. Die Entwicklung ist hier mehr wirtschaftlich und feuerungstechnisch gewesen. Aus dem Meiler entstand der Bienenkorbofen, dann der mit Eigengas geheizte wagerechte und senkrechte Kammerofen, der Nebenproduktenofen, der Abhitzeofen und letzten Endes der mit Fremdgas geheizte Ofen mit Gewinnung von Gas und Nebenerzeugnissen. Der Bienenkorbofen hat für Europa nur mehr geschichtliche Bedeutung, die wagerechte Kammer ist der Entgasungsraum der Kokerei. Die Vervollkommnung der Kokereiöfen führte zu den Rekuperativ- und Regenerativöfen mit höchster feuerungstechnischer Vollendung. Entsprechend den Anforderungen an die Güte des erzeugten Kokses konnte die Entwicklung nur aus dem Großraumkammerofen erfolgen, dessen ursprüngliche Form, als Raum betrachtet, im Laufe der Zeit nur unwesentliche Änderungen erfahren hat. Lediglich die Ofenbreite wurde immer geringer; von 700 mm früher herab bis auf 340 mm heute; die Ofenhöhe stieg von etwa 1800 mm bis auf etwa 4000 mm, die Ofenlänge von 4 auf 11 m.

Physikalische und chemische Grundlage der Kohlenentgasung.

Der Entgasungsvorgang.

Unmittelbar nach dem Einfüllen der Kohlen in den heißen Entgasungsraum tritt eine Abkühlung der Heizwand ein; doch dauert diese nicht sehr lange, und mit beginnender Temperatursteigerung der Wand und Erwärmung der Kohlen treten die ersten flüchtigen Stoffe auf. Nach Börnstein[1]) vollzieht sich die Abspaltung flüchtiger Bestandteile etwa wie folgt:

		Gaskohlen	Kokskohlen
Erste Wasserabspaltung etwa bei	°C	200	200
reichliche „ „ „	„	290 bis 350	290 bis 400
das erste ölige Destillat kam bei etwa	„	200 „ 290	150 „ 250
die Hauptdestillation beginnt bei etwa	„	360 „ 400	400 „ 434
das erste brennbare Gas kam bei	„	355 „ 410	400 „ 430
der Beginn reichlicher Gasabspaltung bei etwa	„	360 „ 420	410 „ 435

Nach White, Park und Dunkley[2]) traten bei den verschiedenen Temperaturen nachstehende Gase auf:

Temperaturen von	°C	300 bis 350	350 bis 400	400 bis 450	450 bis 500
CO_2	vH	12 „ 40	3 „ 8	1 „ 12	1 „ 12
$C_nH_{2n}+2$.	„	3 „ 8	2 „ 7	0 „ 2	0
CO	„	6 „ 7	3 „ 6	1 „ 7	6 „ 8
H_2	„	6 „ 12	14 „ 15	21 „ 25	24 „ 40
CH_4, C_2H_4 . .	„	5 „ 27	38 „ 48	43 „ 61	51 „ 52

Mit steigender Temperatur ergaben sich also sinkende Gehalte an Kohlensäure und schweren Kohlenwasserstoffen, aber steigende Gehalte an Wasserstoff, Methan, Äthylen und Äthan. Die genannten drei Forscher fanden ferner, daß gut backende Kohlen nach einmaligem Erhitzen auf 450 °C, pulverisiert, bei neuerlicher Erhitzung keine Backfähigkeit mehr zeigten; damit war der Beweis geliefert, daß der Stoff, der durch seine Zersetzung die Koksbildung ver-

[1]) „Gasjournal" 1906 S. 667.
[2]) „Journal of Gaslight" 1908 S. 349.

Abb. 1. Versuche von Forwell.
——— Ergebnisse von drei Versuchen mit Durham-Kohlen.
– – – Berechneter Widerstand nach Versuchen mit kaltem Koks.

Abb. 2 und 3. Temperaturlauf im Dessauer Vertikalofen. Die Kurven 1 bis 4 zeigen den Temperaturverlauf an den Stellen 1 bis 4 der Heizzüge (Abb. 3); die Kurven 5 bis 13 den Temperaturverlauf an den in Abb. 3 bezeichneten Stellen im Innern der Retorte vom Beginn der Ladung bis zur beendigten Entgasung nach 10 h.

ursacht, das sogenannte Bitumen, bereits bei Temperaturen von etwa 450 bis 500 °C soweit abdestilliert ist, daß eine weitere Koksbildung nicht mehr eintreten kann.

Nach den Untersuchungen von G. E. Forwell[3]) ist der Widerstand, den eine erhitzte Kohlenschicht den durchströmenden Gasen entgegensetzt, bei 380 bis 420 °C am größten, s. Abb. 1. Das ist gerade diejenige Temperatur, bei welcher die Hauptdestillation beginnt. Im mehr oder minder flüssigen Bitumen sind die übrigen Kohlenwasserstoffverbindungen, die man insgesamt als Kohle bezeichnet, mit eingeschlossen, und der bei dieser Temperatur mehr oder minder zähe Schmelzfluß im Kohlekuchen des Destillationsraumes von etwa 4 bis 6 cm Dicke heißt ob seiner Eigenschaften „plastische Zone". Der Widerstand in der inneren Seite der plastischen Zone (gegen die kältere Kohle zu) ist so groß, daß Forwell zu der Annahme kommt: Nur 5 vH aller entstehenden Gase entweichen nach der Kohlenseite des Entgasungsraumes, der Rest aber durch die wenig Widerstand bietende Koksseite. Hilgenstock hat in seiner klassischen Arbeit[4]) zum erstenmale auf die Vorgänge in der plastischen Zone (er bezeichnet sie als Verkokungsnaht) hingewiesen. Auf der Kohlenseite der plastischen Zone schlagen sich Wasserdampf und leicht kondensierbare Teere nieder, auf der heißen Seite der plastischen Zone entweichen die Teerdämpfe und Gase.

Die plastische Zone ist demnach derjenige Teil des gasenden Kohlekörpers, in welchem sich die Kohlen in einem mehr oder minder zähflüssigem Zustand befinden. Der Zähigkeitszustand des flüssigen Magmas, der im Bitumen gelösten Kohlenwasserstoffe, ist bestimmend für die Art des entstehenden Kokses. Innerhalb der plastischen Zone selbst ist der Erweichungszustand verschieden je nach der Temperatur. Er wird mit steigender Temperatur abnehmen, wie dies ähnlich beim Abkochen von Teer zu beobachten ist.

Die Destillations- und Zersetzungstemperatur des Bitumens ist ebenfalls von großer Wichtigkeit. Destilliert das Bitumen vor seiner Zersetzung ab, so entsteht kein stückiger Koks, sondern nur Koksstaub.

[3]) Journal of the Society of Chemical Industry Nr. 17 v. 15. Sept. 1924
[4]) „Das Gas- u. Wasserfach" (Journ. f. Gas- u. Wasservers.) Bd. 45 (1902)

Der Zustand und die Vorgänge in der plastischen Zone sind also die Grundlage für die Koksbildung; der bei 450 °C entstandene Koks ist schwarz, noch leicht und zerreiblich, er hat aber schon die endgültige Struktur; die ihn durchströmenden Teerdämpfe und Gase werden infolge der höheren Temperatur zersetzt.

Auch die zuletzt entweichenden Kohlenwasserstoffe Äthan, Äthylen, Methan sind nicht temperaturbeständig. Selbst das beständigere Methan zerfällt wenig bei 700 °C, von da ab bis 900 °C mäßig, sehr rasch bei 1100 °C. Das Endergebnis des Zerfalls ist Kohlenstoffablagerung in den Koksporen oder an den Wandungen der Entgasungsräume (Retortenkohle, Graphit) und Wasserstoff. Der ausgeschiedene Kohlenstoff ist verschiedenartig, rußartig bei Äthan, grau, mehr amorph bei Äthylen und silberglänzend, hart bei Methan.

Durch die Kohlenstoffabscheidung aus den Gasen werden die dünnen Wandungen der Zellen des Kokses sich zunächst verdicken und dann durch Abspaltung bei höheren Temperaturen einen Teil des flüchtigen Bestandes ihrer Zellwände wieder hergeben. Dieses ständige Niederschlagen und Wieder-Abdestillieren von mehr oder minder flüchtigen Bestandteilen und das endgültige Niederschlagen von festem Kohlenstoff kann man als Härtevorgang (Zementation) des Kokses bezeichnen.

Ist den Teerdämpfen und hochwertigen Gasen Gelegenheit gegeben, durch Hohlräume zwischen Kohlenstücken ohne Zersetzung zu entweichen, so hat das entstandene Gasgemisch einen höhern Heizwert, der Teer einen höhern Kohlenstoffgehalt (Dickteer), und der Koks ist infolge mangelhafter Zementierung poröser und weniger fest. Dies tritt ein in der oberen Kohlenschicht aller Entgasungsräume, im besonderen Maß aber bei wagerechten und schrägen Retorten.

Aus vorstehendem ergibt sich auch, daß für die Zersetzung, also für Gasausbeute und Kokshärtung die Zeitdauer der Einwirkung hoher Temperatur von größter Wich-

tigkeit ist. Für die Gaswerke ist in erster Linie die Gaserzeugung nach Menge und Heizwert von Bedeutung. Der Wichtigkeit nach geordnet, sind von bestimmendem Einfluß auf die Menge und Güte der Gaserzeugung: die Art der Kohlen und ihre physikalischen Eigenschaften, die Entgasungstemperatur, die Art der Entgasung und die Korngröße der verwendeten Kohlen.

Eine Lücke in der Bewertung der Steinkohlen zur Gaserzeugung füllen die Untersuchungen von Constam und Schläpfer[1]) aus. Aus ihren Untersuchungen ergibt sich, daß mit zunehmendem Alter eine Verminderung der Gas- und Teerausbeute, aber eine Steigerung der Koksgewinnung stattfindet, ein Ergebnis, das von Bunte[2]) für die Gruppe der Gaskohlen allein auf Grund vieler Versuche bestätigt wird. Es ergibt sich daraus die im allgemeinen geltende Regel: Mit zunehmendem Alter der Kohlen werden die in Gasform gewonnenen Wärmemengen sinken. Die Grenze zwischen Gaskohlen und Kokskohlen ist aber keineswegs scharf gezogen, und die Verhältnisse zeigen, daß sich bei Kohlenvorkommen, die ein höheres Alter haben, die Grenze zwischen Gaskohlen und Kokskohlen mehr verwischt als bei jüngeren.

Die Art der Kohlen hat einen besonderen Einfluß auf den Entgasungsfortgang. Man spricht von langsam und rasch gasenden oder schwer und leicht gasenden Kohlen. Ohne Zweifel wäre es richtiger, zu sagen, die eine Kohlensorte braucht zum Entgasen mehr Wärme als die andre, oder aber die eine Kohlesorte leitet die Wärme besser als die andre, denn der Wärmebedarf und die Wärmeleitfähigkeit sind die Ursachen des verschiedenen Verhaltens. Kleines Korn bedingt im allgemeinen (aber nicht immer) ein höheres Raumgewicht und somit einen höhern Wärmeverbrauch; darin liegt die Hauptursache des Mehrverbrauches an Wärme zur Entgasung englischer und Ruhrkohlen in Gasanstalten. Ein höherer Wassergehalt der Kohlen erfordert einen erhöhten Wärmeaufwand zum Verdampfen und auch zum Zersetzen des Wassers. Die Wärmeleitfähigkeit der Kohlen, ihre Abhängigkeit von der Kohlenart, Stückgröße, Dichte der Kohlen ist leider noch unerforscht; einigen Aufschluß darüber ergeben die Forschungen von Hilgenstock[3]), Simmersbach[4]) und von Afrika[5]). Die Ergebnisse der Arbeiten von Afrika sind in Abb. 2 und 3 dargestellt. Daraus ist zu ersehen, daß die Temperatur im Innern der Kohlen sehr langsam ansteigt und daß die Temperaturunterschiede im Kohlen- und Kokskuchen sehr groß sind.

Neben der Kohlenart ist in zweiter Linie die Entgasungstemperatur für die Gasausbeute maßgebend. Die Gasausbeute nimmt mit steigender Temperatur angenähert linear zu[6]). Verlängert man die in Abb. 4 angegebene Verbindungslinie der Werte der Gaserzeugung bis zur Abszisse, so findet man, daß der Beginn der Gaserzeugung etwa innerhalb der Temperaturen 400 und 600 °C liegt. Da Untersuchungen über die Ausbeute für dieselben Kohlen bei Temperaturen, die über und unter den allgemein üblichen Betriebstemperaturen liegen, noch nicht vorgenommen wurden, so muß man hier auf die Ergebnisse der Untersuchungen für kleine Mengen im Laboratorium zurückgreifen. Hierfür kommen in Frage die Arbeiten von Porter und Oviez[7]), von Burgeß und Wheeler[8]).

Mit höher werdender Temperatur steigt die Gasausbeute immer mehr; sie wird theoretisch dann das Höchstmaß erreichen, wenn die Zersetzung vollständig geworden ist, also an brennbaren Gasen nur mehr Wasserstoff und Kohlenoxyd vorhanden sind. Dies kann schätzungsweise bei etwa 1400 bis 1500 °C angenommen werden, wobei sich eine Gasausbeute von 40 bis 45 m³ auf 100 kg Kohlen ergibt. Im Betrieb ist zu erwarten, daß die Zersetzung des Gases selbst bei sehr hohen Temperaturen nicht vollkommen sein wird, weil zu Anfang der Entgasung und aus dem Kern noch schwere Kohlenwasserstoffe unzersetzt entweichen. Unter Zusammenfassung aller Gesichtspunkte ergibt sich der Verlauf der Gaserzeugung bei verschiedenen Entgasungstemperaturen wie etwa nach Linie 3 in Abb. 4.

Abb. 4. Vergasungsversuch (Journal für Gasbeleuchtung 1909 S. 728, Tabelle 2 und 3).

1. Wertziffer = Ausbeute × Heizwert. 2. Heizwertkurve. 3. Ausbeute aus 100 kg Rohkohlen in m³.
– – – – mutmaßlicher Verlauf der Kurven.

Eine zweite charakteristische Linie ist die des Heizwertes bei veränderlicher Entgasungstemperatur. Der Verlauf des Heizwertes ist etwa wie folgt: Bei Entgasungsbeginn beträgt der Heizwert nach White und Genossen etwa 8000 bis 8300 kcal/m³, bei vollkommener Zersetzung des Gases wird er auf den Heizwert von Wasserstoff und Kohlenoxyd, nämlich auf 3040 kcal/m³ sinken.

Aus der Ausbeute und dem Heizwert ergibt sich durch Multiplikation die Heizwertzahl, kurz Wertziffer genannt. Der Verlauf der Kurve der Wertziffer ähnelt dem einer Wurfparabel, der Ausgangspunkt fällt mit dem Gaserzeugungsbeginn zusammen, und der Höchstpunkt scheint bei etwa 1200 bis 1300° zu liegen, worauf die Kurvenwerte stark abfallen.

Wir haben nun drei charakteristische von der Temperatur abhängige Kurven kennen gelernt und zwar: die Ausbeutekurve, die Heizwertkurve und die Linie der Heizwertzahl.

Die Gasanstalten werden die hohe Entgasungstemperatur anstreben, um eine möglichst hohe Heizwertausbeute aus den Kohlen zu erhalten.

Abb. 5. Ofeninhalt am Ende der Entgasung.

Abb. 6. Ofeninhalt kurz nach der Füllung.

Abb. 7. Ofeninhalt nach Verlauf der halben Entgasungszeit.

[1]) Studien über die Entgasung der hauptsächlichsten Steinkohlentypen „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 49 (1906) S. 741.
[2]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 52 (1909) S. 725.
[3]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 45 (1902).
[4]) Kokschemie.
[5]) Journ. of Gas Lighting 1911 Bd. IV S. 383.
[6]) Bunte, „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 52 (1909) S. 725.
[7]) Journ. of Gas Lighting 1908 S. 725.
[8]) Journ. of Gas Lighting 1911 S. 622 und 1914 S. 23.

Bei den gegebenen Bedingungen, dem Temperaturverlauf in den Heizgasen, in der Wand des Entgasungsraumes und im Innern der Kohlen stößt man bei Berechnung der Abhängigkeit zwischen Kohlendicke und Entgasungstemperatur wegen der vielen Unbekannten besonders auf der Kohlenseite auf große Schwierigkeiten. Mathematisch gesprochen wäre der Temperaturverlauf durch die Wand des Entgasungsraumes und im Innern der Kohlen bei gegebenem Temperaturverlauf in den Heizgasen zu ermitteln und dabei das Verhalten der von außen nach innen wandernden Teernaht zu beachten. Die Frage ist der des Auftauens des gefrorenen Bodens durch Sonnenwärme ähnlich, aber wesentlich schwieriger zu lösen. Um den Entgasungsfortschritt zu erläutern, sollen drei besonders wichtige Zeitpunkte betrachtet werden, und zwar: diejenigen am Ende der Entgasung, Abb. 5, kurz nach der Füllung, Abb. 6, und etwa nach Verlauf der halben Entgasungszeit, Abb. 7.

Zu Abb. 5 ist folgendes zu bemerken: Unmittelbar vor dem Füllen treten wegen des mangelnden Wärmeverbrauchs sowohl in den Heizgasen als auch in den Wänden und im Koks die höchsten Temperaturen auf. Bei periodisch betriebenen Öfen ist diese Zeit für den Ofenbestand am gefährlichsten. Die Entgasung ist zu dieser Zeit jedoch noch nicht vollendet. In den Heizzügen haben die Heizgase eine schwierig meßbare Temperatur, die etwa 150 bis 300° über der Wandtemperatur liegt. Die Temperaturverteilung in den Heizgasen ist infolge der Durchwirbelung nahezu gleichmäßig. Der zur Wärmeübertragung von den heißen Gasen an die Wand erforderliche Temperatursprung befindet sich an der Widerstandstelle des Wärmeübergangs, also unmittelbar an der Wandaußenseite. Das für die Fortleitung der Wärme in der Wand des Entgasungsraumes erforderliche Temperaturgefälle verläuft wegen des wechselnden Wärmeverbrauchs und der Veränderlichkeit der Wärmeleitfähigkeit des Wandbaustoffes mit der Temperatur nicht ganz geradlinig. Zwischen der Wandinnenseite und der etwa 1 bis 2 cm abstehenden Koksaußenseite ist ein kleiner Temperatursprung vorhanden, der nötig ist, um die Wärme von der Wand an die Koksoberfläche durch Strahlung zu übertragen; er beträgt nur wenige Grade. Innerhalb des Kokskuchens selbst besteht ein nicht unerheblicher Temperaturunterschied zwischen Mitte und Außenwand. Er ist um so größer, je dicker der Kokskuchen ist. Mit dem Verlauf und der Höhe der Innentemperatur hängt der sogenannte Ausgasungsgrad zusammen.

Der Zustand unmittelbar nach dem Einfüllen der Kohlen wäre wie folgt zu beschreiben, Abb. 6. Sogleich nach der Füllung tritt eine Änderung der Wandtemperatur infolge der starken Abkühlung durch die kalten Kohlen zunächst nur auf der Wandinnenseite ein. Diese häufige Abkühlung ist auch die Ursache des Zerstörens und Mürbewerdens der Steinoberflächen. Die Kohlen selber sind nur an der äußersten Fläche, der Berührungsfläche mit der heißen Wand, erwärmt. Sobald sich nun die Kohlenschicht von außen her auf 400 bis 450 °C erwärmt hat, beginnt das Bitumen der Kohlen zu erweichen, die einzelnen Kohleteilchen kleben aneinander, es bildet sich die plastische Zone, ein mehr oder minder flüssiges Magma, das durch Gasblasen aufgebläht wird. Immer mehr und mehr erwärmen sich die Kohlen an der äußeren Seite; der zwischen den Temperaturen 400 und 550 °C gebildete Koks ist noch schwarz und weich und hat eine glatte Oberfläche. Mit fortschreitender Überhitzung festigt sich das Gerippe durch weitere Abspaltungen von Kohlenwasserstoffen, es schrumpft dabei sowohl der Länge als der Quere nach zusammen, und es entstehen die bekannten senkrecht zur plastischen Zone verlaufenden, sich nach innen verengenden Risse, aber auch Querrisse. Die Schrumpfung, die auch auf den Luftraum zwischen den Kohlenstückchen mit zurückzuführen ist, verursacht eine Ablösung der Koksaußenwand von der Kammerwand, eine Erscheinung, die für den einwandfreien Betrieb der Öfen von größter Bedeutung ist. Die Koksaußenseite nimmt dabei ein blumenkohlartiges Aussehen an. Im Koks herrscht innen an der plastischen Zone gegen die Kohlenseite zu stets eine Temperatur von etwa 450 bis 550° je nach Kohlenart, sie fällt im Innern der noch nicht erweichten Kohlen infolge der Wärmeabsorption durch die Kohlen und Kohlenfeuchtigkeit stark ab, Abb. 7.

Auch die Korngröße der Kohlen hat auf die Koksbildung bedeutenden Einfluß. Grobe Stücke mit großen Lufträumen verkoken für sich, und der Zusammenhang zwischen den einzelnen Körnern und Stücken kann schlecht sein. Es gibt Kohlen, die in Erbsgröße sehr schlechten, fein gemahlen sehr guten Koks geben, daher ist im allgemeinen für die Koksbildung feines Korn der Kohlen anzustreben. Übermäßiger Wassergehalt setzt die Backfähigkeit mancher

Zahlentafel 1.

Nr	Ofenart	Baujahr	Kammer Breite	Kammer Länge	Kammer Höhe	Garungszeit h	Inhalt t	Temperatur in °C Heizraum	Temperatur in °C Entgas.-raum	Literatur
1	Roberts	1921	350/?	—	—	12 bis 14	14	—	—	„Stahl u. Eisen" Bd. 45 (1925) S. 121
2	Amerik. Koppers	1922	350/314	—	3550	10 bis 12	—	Wandtemperatur = 1260		„
3	Koppers	1922	360/325	—	3860	$11^1/_2$	26	—	—	„
4	Engl. Wilputteofen	—	477/413	—	3200	16 bis 17	11 bis 11,5	Wandtemperatur = 1370		„
5a	Engl. Koppers, neu	—	540/500 490/450	—	2300	24	—	—	—	„
5b	Engl. Koppers, älter	—	540/490	—	—	32	—	—	—	„
6	Koppers (Waldenburg)	—	350/314	—	—	$11^1/_2$ bis $11^3/_4$	16,6	—	—	„
7	Koppers	1924	400	—	—	$17^1/_2$	14,5	—	—	
8	Münchener Kammerofen älter	1910	520/380	6 400	3500	30 bis 34	6,6	1200	1030	
9	Münchener Kammerofen neu	1924	480/360	6 400	3500	22 bis 24	6,1	1250	1100	
10	Münchener Retortenofen oval 500 × 380	1888	170/200	3 000	500	$3^1/_2$ bis 4	0,14	1200	1050	Journal of G. L. 1907, S. 986 (Nr. 10 bis 12)
11	Gasretorte	—	152	—	—	4	—	—	rd. 1000	
12	„	—	305	—	—	8 bis 9	—	—	rd. 1100	
13	Senkrechtretorte	1910	395	5 650	548	9 bis 10	0,43	—	1050	Journal of G. L. 1913, S. 587
14	Dessauer Vertikalofen amerikanisch	1910	343	—	640	8	0,4	—	—	Journal of G. L. 1911, S. 383
15	Hilgenstock	1895	500/?	10 000	2000	30	—	—	950	„Das Gas- und Wasserfach" Bd. 45 (1902) S. 617
16	Gasretorte	—	152	—	—	6	—	—	950	Journal of G. L. 1907, S. 986
17	Semet-Solvay	—	406/?	—	—	20 bis 22	—	—	1000	„
18	Otto Hoffmann-Ofen	—	535/?	10 020	1770	34	—	—	—	Journal of G. L. 1907, S. 983 (Nr. 18 bis 20)
19	Semet-Solvay	—	430/?	9 150	2440	20	—	—	—	
20	„	—	406/?	9 150	1800	17	—	—	—	
21	Robertsofen	—	380/305	12 660	4192	rd. 15	14,5	—	—	„Glückauf" Bd. 59 (1923) S. 678, 829
22	Koppersofen	—	530/480	12 200	3050	rd. 20	—	1300 bis 1350 (Nr. 22 bis 24)	—	„Glückauf" Bd. 59 (1923) S. 475, 1090
23	Wilputteofen	—	480/380	12 200	3355	rd. 15	—		—	„
24	Semet-Solvay	—	525/465	12 200	2745	rd. 18	—		—	„

Kohlen stark herab und auch die Festigkeit des erzeugten Kokses.

Die Entgasungszeit ist abhängig von der Dicke der Kohlenschicht, von der Dicke und dem Temperaturzustand der Wände des Entgasungsraumes und von der Temperatur der Heizgase. Sie ist aber auch abhängig von Raumgewicht, Feuchtigkeit und Gasgehalt der Kohlen. So entgasen z. B. die gasreichen Saarkohlen in wesentlich kürzerer Zeit (etwa 10 vH) als Ruhrkohlen und Stückkohlen leichter als Feinkohlen. Aus den vorerwähnten Gründen ist die Aufstellung einer Formel für die Entgasungszeit sehr schwierig. Man kann grob angenähert aus den Werten der Zusammenstellung nach Abb. 8 und Zahlentafel 1 folgende Beziehung ermitteln:

$$z = \frac{d^2}{100}\,\frac{1050 + 2\,(1050 - t)}{1050}$$

Hierin bedeutet:

z die Entgasungszeit in h,

d die größte Kohlendicke, geltend für gewaschene Ruhrfett-Feinkohlen mit etwa 10 vH Asche und 10 vH Wasser, 8 bis 10 cm dicke Silikawand,

t die Temperatur in der Kammer nach der Entleerung.

Für einen neueren Münchener Kammerofen ergibt sich z. B. für 48 cm Kammerweite und 1050 °C Kammertemperatur eine kürzeste Entgasungszeit von 23 h, ein Wert, der mit den Erfahrungen im Betrieb vollkommen übereinstimmt; bei 1000 °C Innentemperatur und 52 cm Kammerweite 29½ h, ebenfalls ein Wert, der richtig ist, oder

bei 34 cm Kammerweite und 1050 °C Innentemperatur von etwa 11,6 h,

„ 34 „ „ „ 1100 °C Innentemperatur von etwa 10,5 h,

für eine Retorte mit 20 cm Ladehöhe und 1050 °C Innentemperatur von etwa 4 h.

Die Genauigkeit der durch Erfahrung gewonnenen Werte dürfte bei ähnlichen Entgasungsräumen etwa ± 5 vH sein. Die angenähert parabolisch verlaufende Funktion zwischen Kohlendicke und Entgasungszeit gibt uns aber wertvolle Winke. Mit dicker werdender Schicht wird die Entgasungszeit wesentlich länger, als es der einfachen linearen Proportion entspricht, z. B. entgast bei 1100 °C Wandtemperatur eine 34 cm dicke Schicht in 10½ h, eine 48 cm dicke aber erst in 21,8 h. Diese angenäherte Beziehung läßt ebenfalls angenähert einen Rückschluß auf die Ofenleistung mit veränderter Kammerbreite zu. Beträgt die Dicke der Zwischen-(Heiz-)wand b cm, die größte Kammerbreite d cm, die Dicke der Endpfeiler c cm, die Anzahl der Kammern n, die Entgasungszeit z, die Ofenblocklänge L, so ist die gesamte Ofenblocklänge

$$L = c + b + n\,(d + b).$$

Für eine andere Kammerbreite d_1, eine Kammerzahl n_1 und eine Entgasungszeit z_1 ist

$$L_1 = c_1 + b_1 + n_1\,(d_1 + b_1).$$

Die Ofenleistung in 24 h ist für 1 m Ofenlänge

$$\frac{24\,n\,d}{z\,L} \text{ oder } \frac{2400\,n}{d\,L}.$$

Für die Kammerbreite d_1 ist sie

$$\frac{2400\,n_1}{d_1\,L_1}.$$

Beispiel: Es sei $L = L_1$; $n = 3$; $d = 50$; $n_1 = 4$; $d_1 = 34$.

Das Verhältnis der Leistung beider Ofenblöcke von gleicher Länge ist dann

$$\frac{n}{n_1}\,\frac{d_1\,L_1}{d\,L} = \frac{4 \times 50}{3 \times 34} = \frac{200}{102},$$

d. h. wenn in einer Ofenhülse, die vorher 3 Kammern zu 50 cm enthielt, bei gleicher Ofenbreite nunmehr 4 Kammern zu 34 cm eingebaut werden sollen, so steigt bei sonst gleichen Verhältnissen die Ofenleistung pro 1 m Länge und somit pro 1 m² Grundfläche nahezu auf das Doppelte, obwohl sich die Anlagekosten kaum um ⅓ höher belaufen dürften. Für die Wirtschaft des Gesamtbetriebes ist dies aber von ausschlaggebender Bedeutung, daher ist das Bestreben der Gasindustrie und auch der Kokereiindustrie, schmale Kammern zu bevorzugen, wohl zu verstehen.

Abb. 8. Beziehung zwischen Entgasungszeit z und Dicke der Kohlenschicht d unter Berücksichtigung der Entgasungstemperatur t.

Technische Entwicklung der Entgasungsräume.

Welchen Einfluß übt nun die Verschmälerung der Kammern auf das Erzeugnis aus?

Bei der 34 cm breiten Kammer werden in 1 h etwa 3,23 cm,
„ „ 50 „ „ „ „ „ 1 „ „ 2,29 „

Kohlenschicht entgast, die Wärme wird also bei den schmalen Kammern viel rascher eindringen, d. h. die Koksbildung vollzieht sich rascher und die Gasentwicklung während der Koksbildung ist heftiger, der Koks wird infolge der rascheren Entgasung großporiger und leichter. Die nachträgliche Härtung des Kokses durch Methanzersetzung dauert nicht so lange wie bei breiten Kammern; der Koks wird also etwas verbrennlicher, er wird aber auch gleichmäßiger, weil infolge des geringeren Temperaturgefälles in der dünneren Koksschicht der Ausgasungsgrad gleichmäßiger wird. Umgekehrt gibt die breitere Kammer eine lange Entgasungszeit, eine langsamere Koksbildung mit kleineren Blasen, einen härteren, etwas schwerer verbrennlichen Koks infolge höherer Methanzersetzung, einen ungleichmäßiger entgasten Koks. Diese Erörterungen gelten nur im allgemeinen, die besonderen Eigenschaften der Kohlen, besonders die Zähflüssigkeit des Bitumens und der mehr oder minder große Gehalt daran kann die vorstehend geschilderten Vorgänge stark beeinflussen, sogar verdecken.

Auf die Form des Entgasungsraumes hat die Art der Heizung entscheidenden Einfluß. Wird z. B. eine Ofenwand von Feuergasen der Länge nach durchstrichen, so nimmt die Temperatur längs der Wand ab; aus diesem Grunde muß sich auch die Dicke der Kohlenschicht in dieser Richtung vermindern, damit gleichzeitiges Entgasen des Kammerinhalts auf der ganzen Länge erreicht wird. Bei heißgehenden Öfen scheidet sich an der Innenwand Retortenkohle ab, deren Schicht um so dicker wird, je heißer die Wand ist. Der Ansatz von Retortenkohle wirkt der Verjüngung des Destillationsraumes entgegen. Die Verjüngung nach der Beladeseite bzw. die Verbreiterung nach der Entladeseite zu hat auch den Zweck, bei schlecht backenden oder blähenden Kohlen die Entleerung zu erleichtern. Die Verjüngung beträgt bei rekuperativ geheizten Schräg- und Senkrechtkammern zwischen 16 und 26 mm auf 1 m Länge.

Koppers verjüngt seine regenerativ beheizten Kammern in Richtung der abziehenden Feuergase, also von unten nach oben, um 50 mm oder auf 1 m um 22 mm, und erreicht hierdurch ein gleichmäßiges Verkoken in den ungleich beheizten Kammern.

Verschiedene Ofenkonstrukteure versuchen die Gleichmäßigkeit der Entgasung durch stufenweise bemessene Zufuhr des Heizgases zu erreichen oder durch Einbauten die Flammen zu verlängern. Bei regenerativ beheizten Öfen verläuft der Zug der Feuergase parallel oder quer zur Längsrichtung der Kammer; da die Zugrichtung der Heizgase alle 30 bis 60 min umgekehrt wird, kann die aus feuerungstechnischen Gründen erforderliche verjüngte Form hier unbeschadet der Betriebsicherheit auf 4 bis 6 mm je 1 m vermindert und damit die Leistungsfähigkeit des Ofens

Abb. 9 bis 18. Abmessungen der Kammern und Retorten bei verschiedenen Gaserzeugungs- und Kokereiöfen.

b Breite (mm) *h* = Höhe (mm) *l* = Länge (mm) *d* = Wandstärke (mm) *k* = Konizität (mm).

Abb. 9. Wagerecht-Retorte.
b = 470 bis 600 *h* = 350 bis 400
l = 3000 „ 6000 *d* = 65 „ 100
k = —

Abb. 10. Schräg-Retorte.
b = 600 *h* = 400
l = 4000 bis 6000 *d* = 65 bis 70
k = —

Abb. 11. Dessauer Vertikalretorte (18^cr.).
b = { unt. 228, ob. 247 } *h* = { unt. 690, ob. 572 }
l = 5000 *d* = 100 bis 110
k = 20/1000

Abb. 12. Senkrecht-Kammer.
b = { unt. 350, ob. 270 } *h* = { unt. 1600, ob. 1400 }
l = 5000 *d* = 100
k = 40/1000

Abb. 13. Kontinuierl. Senkrecht-Kammer (Koppers).
b = { unt. 400, ob. 200 } *h* = { unt. 2200, ob. 2000 }
l = 9000 *d* = 80 bis 100
k = 22/1000

Abb. 14. Ries' Schräg-Kammer.
b = { ob. 360, unt. 480 } *h* = 3500
l = 8000 *d* = 80 bis 100
k = 15/1000

Abb. 15. Ries' Schräg-Kammer.
b = { ob. 300, unt. 350 } *h* = 3500
l = 8000 *d* = 80
k = 6,2/1000

Abb. 16. Koppers Wagerecht - Kammer.
b = { ob. 510, unt. 550 } *h* = 2100 bis 3000
l = 10000 bis 11000 *d* = 80 „ 100
k = 4/1000

Abb. 17. J. Roberts Wagerecht - Kammer (Kokereiofen).
b = { ob. 380, unt. 330 } *h* = 4192
l = 12650 *d* = 82
k = 3,95/1000

Abb. 18. Amerikanisch Coppers & Co. Wagerecht - Kammer (Kokereiofen)
b = { ob. 450 bis 490, unt. 500 „ 540 } *h* = 2300
l = 10000 *d* = 100
k = 5/1000 *b*, 22/1000 *h*

erhöht werden. Durch die Anpassung der Ofenweite an die örtlich gegebenen feuerungstechnischen Verhältnisse werden zweifellos die kürzeste Entgasungszeit und das Höchstmaß der Wirtschaftlichkeit erreicht.

Alle neuzeitlichen Ofenkonstruktionen vermeiden mit Bewußtsein eine Heizung der gasabführenden Kammerteile; erhebliche örtliche Ablagerungen von Retortenkohle wären sonst die Folge. Bei einem Schrägkammerofen älterer Bauart mit Überführung der Feuergase über die Decke mußte die Konstruktion trotz verschiedener feuerungstechnischer Vorteile verlassen werden, weil die Ansätze von Retortenkohle in einem Jahre bis zur Dicke von 60 cm anwuchsen und die Dickteerbildung eine ordnungsmäßige Betriebsführung unmöglich machte.

Der Ofenbaustoff spielt insbesondere für die Haltbarkeit der überaus stark beanspruchten Wände eine ausschlaggebende Rolle. Bis etwa zum Jahre 1915 war auf dem Festland mit wenigen Ausnahmen Schamotte der Baustoff der Gaserzeugungsöfen. Von diesem Jahr ab begann man die vorher in England und Amerika schon vielfach verwendeten Silikasteine einzuführen, man ging also vom hochtonerdehaltigen zum hochkieselsäurehaltigen Baustoff oder auch zu Zwischenstufen, zu Tondinas oder halbsauren Steinen, über. Trotz vielfacher Mißerfolge, die hauptsächlich im Wachsen und der geringen Beständigkeit gegen Temperaturwechsel bestanden, hat heute der Silikastein den Schamottestein bei Ofenbauten nahezu völlig verdrängt. In der Kokerei reichen die Bestrebungen zur Einführung des Silikasteines bis 1912/13 zurück. Die Ursachen für die erhöhte Anwendung der Silikasteine liegen in der größeren Festigkeit bei hohen Temperaturen und in der etwas besseren Wärmeleitfähigkeit. Gute Schamotte- und Silikasteine haben zwar Schmelzpunkte, die nicht sehr voneinander abweichen; sie liegen etwa bei 1650 bis 1730 °C. Während aber Schamotte schon lange vor dem Schmelzen (etwa bei 1300 bis 1400 °C) weich und plastisch zu werden beginnt, behält ein guter saurer Stein seine Standfestigkeit bis nahe vor dem Schmelzpunkt. Man kann also beste Silikasteine bis etwa 1400 bis 1450 °C dauernd beanspruchen, während eine Dauerbeanspruchung von Schamotte mit 1350 °C schon gewagt erscheint. Die höhere Standfestigkeit der Silikasteine gestattet ferner die Anwendung dünnerer Wände zwischen Heizgasen und Kohlen. Während früher

bei wagerechten Retorten eine Wanddicke von 65 bis 85 mm,
„ senkrechten „ „ „ 70 „ 100 „
„ älteren Kammeröfen „ „ „ 90 „ 120 „
üblich war, werden jetzt z. B.
„ neueren Kammeröfen nur Wanddicken „ 80 „ 85 „

angewendet.

Die Wärmeleitfähigkeit des sauren Baustoffes ist bei höheren Temperaturen etwas größer (etwa 20 vH) als bei Schamotte. Nach van Rinsum[1]) ist die Wärmeleitfähigkeit bei 1000 °C

von Schamotte . . . . 0,83 kcal auf 1 m², h und °C,
„ Silika . . . . 1,13 „ „ 1 „ „ „ „

nach Goerens und Gilles[2])

von Schamotte i. Mittel 1,02 kcal auf 1 m², h und °C,
„ Silika geschätzt . 1,37 „ „ 1 „ „ „ „

Höhere Feuergastemperaturen, dünnere Wände im Verein mit höherer Wärmeleitfähigkeit ergeben eine um etwa 50 ° höhere Kammertemperatur. Mit der höhern Temperatur ist eine raschere Entgasung verbunden, die Ersparnis an Entgasungszeit dürfte etwa 10 vH betragen.

Die Grenzmaße einzelner Ofenkonstruktionen sind in Abb. 9 bis 18 angegeben. Der Weg der Entwicklung führt in der Gasindustrie allgemein zur hohen, langen und schmalen Kammer. In der Kokerei ist das Bestreben zu bemerken, ebenfalls schmale und hohe Kammern einzuführen.

Die bisherigen Betrachtungen gelten nur für unterbrochen arbeitende Öfen, sie können aber auch auf Öfen mit ununterbrochenem Durchsatz übertragen werden. Beim ununterbrochen arbeitenden (kontinuierlichen) Ofen fehlt der Ladung die Ruhe während der Koksbildung, anderseits wird der frische Einsatz rasch einer hohen Temperatur ausgesetzt. Die rasche Erhitzung bewirkt eine rasche Koksbildung, man erhält also leichteren Koks; infolge der Bewegung der Ladung wird etwas kleinstückigerer Koks gewonnen, eine Erscheinung, die an allen kontinuierlichen Öfen zu bemerken ist, aber dann nicht schadet, wenn leichter verbrennlicher Koks (z. B. für Hausbrandzwecke) gebraucht wird.

Die Wärmeübergangsverhältnisse sind in kontinuierlich arbeitenden Öfen wegen der gleich bleibenden Temperaturverhältnisse etwas günstiger als bei unterbrochen arbeitenden Öfen.

Der Einfluß sozialer Anforderungen ist für die Entwicklung der Gaserzeugungsöfen größer gewesen als für die der Kokereiöfen.

Die Arbeitskraft eines Retortenarbeiters an Öfen mit Handbeschickung war durchschnittlich mit 45 Jahren verbraucht. Die Arbeit wurde als aufreibend und ungesund bezeichnet und mußte hoch bezahlt werden. Daraus ergab sich die Forderung der Arbeitserleichterung durch Einführung des Maschinenbetriebes und der Benutzung der Schwerkraft für Füllung und Entleerung. Diesem Gedanken

[1]) Z. Bd. 62 (1918) S. 601.
[2]) „Ferrum" 1914 S. 1 u. 17.

entsprangen die schrägen und senkrechten Entgasungsräume. Vom sozialen Standpunkt und vom Standpunkt der Menschlichkeit ist also die Benutzung der Schwerkraft oder der Maschine zum Entleeren und Füllen nur zu begrüßen, obwohl hierdurch die Zahl der beschäftigten Arbeiter stark gesunken ist. So z. B. waren für die in den Jahren 1880 bis 1905 im Gebrauch befindlichen Wagerechtretorten-Öfen für etwa 100 000 m³ täglicher Gaserzeugung 175 bis 200 Arbeiter erforderlich; für die gleiche Erzeugung sind bei neuzeitlichen Öfen etwa 20 Arbeiter notwendig. Es ist also die Leistung auf 1 Arbeiter und Schicht auf etwa das Zehnfache gestiegen.

Die Leistung der Öfen auf 1 m² Grundfläche ist auf das etwa Dreifache gehoben worden; auf 1 t Kohledurchsatz gerechnet ist das Volumen des notwendigen Ofenmauerwerks auf etwa die Hälfte gesunken. Die Bestrebungen zur Hebung der Wirtschaftlichkeit hatten also folgenden Erfolg:

Steigerung des Durchsatzes je Arbeiter auf das Zehnfache neben Erleichterung der Arbeit.

Steigerung des Durchsatzes je m² Grundfläche auf das Dreifache.

Steigerung des Durchsatzes je m³ Ofenmauerwerk auf das Doppelte.

Zusammenfassend ergibt der Einfluß der Form und Größe der Destillationsräume folgendes:

Die Gestalt des Entgasungsraumes ist für die Gasgüte und -menge von großer Bedeutung. Breite, vollgefüllte Entgasungsräume geben Anlaß zu hoher Spaltung der entstehenden Gase und Teerdämpfe, d. h. die Gasmenge vermehrt sich auf Kosten des Heizwertes. Eine Untersuchung dieser Frage zeigt aber, wie bereits erwähnt, daß das Produkt aus Heizwert und Ausbeute, die Wertziffer, mit zunehmender Entgasungstemperatur (bis etwa 1200 bis 1250 °C) zunimmt und daß erst dann wieder eine Verminderung der Wertziffer eintritt. Die Gasanstalten haben also das Bestreben, höhere Temperaturen anzuwenden, um die aus den Kohlen in Gasform gewonnene Wärmemenge zu vergrößern.

Vom Standpunkt der Gaserzeugung wären vielleicht breitere Kohleschichten vorzuziehen, doch verlangen wirtschaftliche Rücksichten eine Erhöhung des Durchsatzes durch Verwendung schmaler Entgasungsräume.

Die flüchtigen Destillationserzeugnisse müssen durch möglichst ungeheizte Räume (Kanäle) hindurch abziehen, damit Dickteer und Ansätze von Retortenkohle vermieden werden.

Die Nebenerzeugnisse in Abhängigkeit von der Art der Entgasung und vom Entgasungsraum.

Auch die Eigenschaften des Kokses sind von der Art der Destillation und von der Form des Entgasungsraumes abhängig. Verlangt wird im allgemeinen neben einem geringen Wassergehalt (unter 5 vH) ein niedriger Aschengehalt (unter 10 vH) und eine mehr oder minder große Gleichmäßigkeit der Stücke, ferner geringer Staubgehalt bei Empfang der Ware. Somit spielen auch die Festigkeit und Zerreiblichkeit des Kokses eine große Rolle. Je nach dem Verwendungszweck kann man unterscheiden zwischen leicht verbrennlichen und schwer verbrennlichen Koksen. Als leicht verbrennliche Koksarten werden im allgemeinen solche bezeichnet, die rasch mit dem Luftsauerstoff in Reaktion treten, somit zu rascher Kohlenoxydbildung neigen und raschen Abbrand ergeben. Schwer verbrennlich sind jene Kokssorten, die langsamer mit dem Luftsauerstoff in Verbindung treten, d. h. die Kohlenoxydbildung verzögert sich, der Abbrand erfolgt langsam; diese Koksarten verbrennen im allgemeinen mit größerer örtlicher Wärmeentwicklung[1]).

Leicht verbrennlicher Koks wird gebraucht:

a) Im Hochofenbetrieb. Die leichte Verbrennlichkeit ist hier erwünscht, um vor den Formen eine schnelle Auflösung des Kokskohlenstoffes in Kohlenoxyd zu erzielen[1]).

b) Im Gaserzeugerbetrieb. In Anbetracht der Ähnlichkeit des Vorganges wie beim Hochofen sollen auch für diesen Zweck die Eigenschaften des Kokses dieselben sein. Schwer verbrennlicher Zechenkoks, dem Gaskoks eines Gaserzeugers zugesetzt, reagiert langsam und kommt nahezu unberührt mit der Asche des Gaskokses aus dem Gaserzeuger. Die Leistung eines Gaserzeugers wird durch schwer verbrennlichen Koks um etwa 15 bis 25 vH herabgesetzt. Die Schwerschmelzbarkeit der Asche spielt beim Gaserzeugerbetrieb eine besondere Rolle, die Gleichmäßigkeit der Stückgröße eine geringere.

c) Im Hausbrand. Für Küchenheizungen und kleinere Öfen wird infolge des kleinen Feuerraumes ein leichter verbrennlicher Koks gewünscht, die Asche soll schwer schmelzbar, die Stückgröße nicht über 40 mm sein; große Reinheit der Sortierung und geringster Aschengehalt sind erwünscht.

d) Für die chemische Industrie (z. B. zur Karbidbereitung) sollen Aschengehalt und Feuchtigkeit möglichst gering sein, die Reinheit der Sortierung spielt keine größere Rolle.

Schwer verbrennlicher Koks wird verlangt:

a) In der Gießerei für den Kuppelofenbetrieb. In Kuppelöfen ist eine reduzierende Wirkung nicht erwünscht, Kohlenoxyd in den Blasegasen bedeutet Verlust. Der Kokskohlenstoff ist hier hauptsächlich Wärmeerzeuger. Niedriger Aschengehalt und reine Sortierung ist erforderlich.

b) Für den Zentralheizungsbetrieb. Hier gelten die gleichen Voraussetzungen wie beim Gießereikoks, eine leichte Verbrennlichkeit ist wegen des hierdurch bedingten höheren Kohlenoxydgehaltes der Rauchgase weniger erwünscht. Die Schwerschmelzbarkeit der Asche und saubere Sortierung im Bereich von 40 bis 60 mm sind Bedingung für die Güte. Niedriger Aschengehalt, geringer Wassergehalt, Grießfreiheit sind nicht durch das Destillationsverfahren und den Entgasungsraum bedingt, vielmehr dagegen die mehr oder minder große Leichtverbrennlichkeit und die Gleichmäßigkeit der Koksstücke und insbesondere die Festigkeit.

Es ist das Verdienst von Dr.-Ing. H. Koppers, der diese zwar schon früher angeschnittene Frage erneut ins Rollen brachte und unermüdlich die Aufmerksamkeit der Fachwelt darauf lenkte[1]).

Die Form des Entgasungsraumes ist ferner bestimmend für die Art der Stückigkeit des Kokses. Der Hochöfner wünscht säulenförmige regelmäßige Stücke. Diese entstehen dann, wenn eine gleich dicke Kohleschicht nur von beiden Seiten, aber nicht von Boden und Decke her geheizt wird, vergl. Abb. 19. Wird aber der Entgasungsraum auch von den Schmalseiten her beheizt, so bildet sich eine Ver-

Abb. 19. Querschnitt durch Wagerecht- und Schrägkammerofen.

Abb. 20. Querschnitt durch Senkrecht-Kammerofen.

Abb. 21. Querschnitt durch Senkrecht-Retortenofen.

Abb. 22. Querschnitt durch Wagerecht- oder Schrägretortenofen.

[1]) Näheres hierüber bringt H. Koppers in diesem Heft S. 531, weshalb ich nicht weiter darauf eingehe.

Abszisse = Gasmenge frei durch Kohle / Gasmenge filtriert durch Koks

Abb. 23. Zusammensetzung von Teeren.
(Constam & Schläpfer, Z. Bd. 57 (1913) S. 1622.)

I. Anthrazenöl
II. Mittelöl
III. Spez. Gewicht
IV. Naphthalingehalt
V. Schweröl
VI. Verfügbarer Hanf 1000 t Kohlenstoff
VII. Rückstand: Pech
VIII. Leichtöl
IX. Koksgehalt des Pechs
X. Fester Kohlenstoff
XI. Freier Kohlenstoff
XII. Verbrennungswärme.

kokungsnaht, die etwa in Richtung der Winkelhalbierenden von der Ecke aus zur Mitte wandert, vergl. Abb. 20. Die großen Risse im Koks, die seinen Zerfall bewirken, verlaufen an diesen Stellen stets senkrecht zur geheizten Wand. daher werden an diesen Stellen die Koksstücke nicht Säulen- sondern Pyramidenformen annehmen, die dem Koks ein recht unregelmäßiges Aussehen geben. Solchen stengelförmigen Koks liefern Retorten in jeder Form und Neigung, Abb. 21 und 22. Ein möglichst hohes Ausmaß planparalleler Wände in den Entgasungsräumen wird daher zur Regelmäßigkeit der Koksstücke wesentlich beitragen.

Die Dicke der Kohlenschicht ist für die Gleichmäßigkeit der einzelnen Kokssäulen von recht erheblichem Belang. Je dicker die Schicht, desto eher die Gefahr erheblicher Temperaturunterschiede vom Rande des Kokskuchens zur Mitte, je geringer die Dicke, desto geringer das Temperaturgefälle nach innen, desto gleichmäßiger die Temperaturverteilung, desto geringer die Öffnungsweite der Risse in den Stücken. Breitere Kammern liefern unter sonst gleichen Verhältnissen Koks mit mehr Querrissen. Je geringer die Dicke der Kohlenschicht, desto poröser, leichter verbrennlich und gleichmäßiger der Koks.

Der Einfluß schmalerer oder breiterer Kammern oder mehr oder minder gefüllter Destillationsräume auf die Güte des T e e r s ist noch wenig erforscht. Aus den Gaswerksbetriebserfahrungen ergibt sich folgendes:

Je dicker die von den Teerdämpfen zu durchströmende Koksschicht, desto größer die Zersetzung des Teers und desto geringer die Ausbeute. In Kammeröfen beträgt die Teerausbeute auf 100 kg Kohlen etwa 0,25 bis 0,4 kg weniger als in Retortenöfen. Infolge der weitgehenden Zersetzung und Filtration der Teerdämpfe im Koks ist der Gehalt des Teers an Leicht- und Mittelölen wesentlich höher, der Gehalt an freiem Kohlenstoff wesentlich niedriger als im Teer der Retortenöfen. Daraus wäre zu schließen: je dünner die Kohlenschicht, desto geringer die Zersetzung; es scheint aber, daß schon eine dünne Schicht von glühendem Koks oder eine glühende Wand genügt, um die hochkohlehaltigen Kohlenwasserstoffe des Teers zu zertrümmern. Dickteer entsteht erfahrungsmäßig, wenn Teerdämpfe, ohne glühenden Koks durchstreichen zu müssen (also ohne eine Filtration durchzumachen), an heißen Wänden gespalten werden. C o n s t a m und S c h l ä p f e r [1]) haben eine große Zahl von Teeren untersucht. Zieht man Mittelwerte für Teere aus gleichartigen Ofenkonstruktionen, so findet man gewisse Zusammenhänge. Das Verhältnis derjenigen Gasmenge, welche frei ohne Koksfiltration zum Abzug entweichen kann, zu derjenigen Gasmenge, welche durch ein heißes Koksfilter zwangsweise hindurchstreichen muß, scheint einen Maßstab für die zu erwartende Teergüte abzugeben. Nimmt man dieses Verhältnis als Abszisse eines Schemas und wählt als Ordinate die anteiligen Mengen der Destillate, so ergibt sich Abb. 23.

Trotz der geschätzten und willkürlichen Annahme des obengenannten Verhältnisses ist der Beweis erbracht, daß Zusammenhänge obengenannter Art bestehen.

Die Bildung dünnen, kohlenstoffarmen Teers entsteht nur bei Filtration durch heißen Koks. Es ist zu erwarten, daß bei gleicher Kohlengüte und Verringerung der bisherigen Kammerweiten eine besondere Änderung in der Teerzusammensetzung nicht mehr erfolgt. Die Gewinnung von Leichtölen, Mittelölen und Anthrazenölen ist in Kammerofenteeren wesentlich höher als in Wagerecht- und Schrägretortenteeren. Das Raumgewicht, der Gehalt an freiem Kohlenstoff, die Pechbildung sind bei stärker zersetzten Teeren wesentlich geringer. Daß das Alter und die Herkunft der Kohlen hierbei eine ausschlaggebende Rolle spielen, beweist die Erfahrung. Geologisch ältere Kohlen liefern weniger Teer als jüngere, höhere Destillationstemperatur vermindert den Teeranfall.

B e n z o l ist das Zersetzungsergebnis der Teer-Phenole; eine dickere glühende Koksschicht beschleunigt die Zersetzung der Phenole, fördert die Benzolbildung, sofern nicht durch eine zu hohe und zu lange Erhitzung beim Durchstreichen des glühenden Kokses die Benzoldämpfe selbst wieder zerstört werden. Das Höchstmaß der Benzolausbeute ist bei etwa 1000 °C Destillationstemperatur zu erwarten, wie die Angaben von T h a u [2]) zu beweisen scheinen. Ein besonderer Einfluß der Kohlendicke ist bisher noch nicht beobachtet worden. Die Kohlensorte und die Entgasungstemperatur scheinen von größerer Bedeutung zu sein als die mehr oder minder große Weite der Kammern, jedoch scheint eine breite Kammer den Benzolzerfall zu begünstigen.

Man nimmt an, daß das A m m o n i a k zum geringeren Teil schon beim Beginn der Koksbildung, zum größeren Teil aus dem schon fast entgasten Koks durch Abspaltung von Stickstoff und Wasserstoff entsteht, die bei der hohen Temperatur in Reaktion treten. Die günstigste Bildungstemperatur für das Ammoniak in der Wasserstoffatmosphäre des Ofeninnern scheint nach T h a u 1000 °C zu sein, doch ist diese Temperatur nach S o m e r [3]) für jede Kohlensorte verschieden. Einwandfrei ist festgestellt, daß vollgefüllte Kammern eine größere Ammoniakausbeute als Retortenöfen ergeben. Der Einfluß der Kohlendicke scheint bei niedrigern Temperaturen auf die Ammoniakbildung fördernd zu wirken, bei höherer Temperatur scheint aber bereits Zerfall einzutreten. Gasreichere Kohlen sollen im allgemeinen mehr Ammoniak liefern; für die Ruhrkohlen scheint dies zuzutreffen, jedoch liefern die jüngeren Saarkohlen im allgemeinen eine geringere Ammoniakausbeute.

Aus vorstehenden Ausführungen ergibt sich, daß viele Fragen der trockenen Destillation der Kohle noch nicht genügend geklärt sind; es wäre zu wünschen, daß durch Zusammenfassung aller Kräfte und durch zur Verfügungstellung entsprechender Mittel die Möglichkeit eingehender Forschungen gegeben würde. [B 317]

[1]) Z. Bd. 57 (1913) S. 1622.
[2]) „Brennstoffchemie" Bd. 1 (1920) S. 54.
[3]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 65 (1922) S. 23.

Koks als Erzeugnis der Entgasung und als Betriebstoff der Vergasung.

Von Dr.-Ing. eh. Heinrich Koppers, Essen.

(Hierzu Textblatt 2.)

Geschichtlicher Ueberblick — Erforderliche Eigenschaften des Kokses — Einflüsse der Beimengungen — Bedeutung der Reaktionsfähigkeit Verarbeitung minderwertiger Kohlen — Behandlung des Kokses nach dem Ausdrücken — Koks als Betriebstoff der Vergasung.

Koks als Erzeugnis.

Sinn und Zweck der Kohlenverkokung, wie sie in ihren ersten Anfängen in Meilern, offenen Öfen und Bienenkorböfen ausgeführt wurde, war lediglich, die Kohlen durch Entziehung ihrer flüchtigen Bestandteile so vorzubereiten, daß daraus ein Brennstoff entstand, der überall da verwendet werden konnte, wo die backenden Eigenschaften bitumenhaltiger Brennstoffe und die bei der Entgasung sich bildenden Gase und Dämpfe hinderlich waren. An eine Verwertung der Nebenerzeugnisse wurde nicht gedacht, und die Wärmewirtschaft spielte noch keine Rolle. Diese ersten noch sehr einfachen Verfahren waren in dem ausschließlich verfolgten Ziele der Herstellung guten Hüttenkokses so erfolgreich, daß bis in die letzten Jahre der Bienenkorbofen-Koks als Vorbild leichtverbrennlichen druckfesten Hochofenkokses gelten konnte. Der Wärmeaufwand zur Entgasung wurde bei diesen Verfahren durch Verbrennung eines Teiles des Ofeninhaltes und der sich bildenden Gase und Dämpfe geliefert. In dem Maße, wie man den Luftzutritt regelte, wurde die Wärme für die Entgasung frei. Man arbeitete mit verhältnismäßig niedriger Temperatur und daher sehr langsam, so daß man eher von einer Verschwelung sprechen konnte. Heute weiß man, daß die Entgasungstemperatur einen bestimmenden Einfluß auf die Reaktionsfähigkeit von Koks hat, und sucht durch bauliche und feuerungstechnische Maßnahmen jene Koksbeschaffenheit zu erreichen, die der Bienenkorbofen ohne große Mühe gewissermaßen unbewußt lieferte.

Durch den Übergang zu den von außen beheizten Öfen und später zur Nebenerzeugnisgewinnung wurden weitere Aufgaben mit der eigentlichen Koksgewinnung verbunden. Durch Einführung der Regenerativfeuerung gelang es, höhere Ofentemperaturen zu erreichen, die Ofenleistung wurde gesteigert; der Kohlenverschwelung folgte die Hochtemperaturentgasung. Dieser Wechsel in der Temperaturstufe des Verfahrens blieb aber nicht ohne Einfluß auf die Koksbeschaffenheit. Sie verschlechterte sich für alle jene Verwendungszwecke, die reaktionsfähigen Koks erfordern. So zeigte sich nach Einführung der Nebenerzeugnisöfen in die Kokereiindustrie Amerikas, die sich damals noch in großem Umfange des Bienenkorbofens bediente, daß der daraus erzeugte Koks für den Hochofenbetrieb weiter bevorzugt wurde oder wenigstens nicht so leicht durch den Koks aus Nebenerzeugnisöfen zu verdrängen war, wie man anfangs wohl vermutet hatte.

Durch die Nebenerzeugnisgewinnung verlor der Koks ferner auch etwas seine beherrschende Stellung in dem Verfahren, denn eine Reihe neuer technischer und wirtschaftlicher Aufgaben war zu lösen. So mußte für das Koksofengas Absatz geschaffen werden, das mit der heiztechnischen Vervollkommnung der Öfen in immer größerem Umfange als Überschußgas anfiel. Die damit wieder angeregte stärkere Gasverwendung in der Industrie und Städteversorgung erhöhte ihrerseits wieder den Bedarf an heizkräftigem Kokereigas. Dem wurde durch den Verbundkoksofen Rechnung getragen, der mit Schwachgas (Generatorgas oder Gichtgas) geheizt werden kann, so daß das gesamte bei der Entgasung der Kohle freiwerdende Gas nunmehr entsprechend seinem hohen Heizwerte verwendet werden konnte. Auf diesem Wege wurden die Kokereien zu Wärmeerzeugungsstätten großen Stiles. Die Wärmewirtschaft im eigenen Betrieb gewann bald die Oberhand über alle übrigen Fragen der Kokereitechnik. Unter den Koksöfen bauenden Unternehmungen begann ein Wettstreit um den niedrigsten Unterfeuerungsverbrauch, der die feuerungstechnische Entwicklung des Koksofens stark befruchtete. Ich selbst betrachtete dessen Vervollkommnung in dieser Hinsicht als eine Hauptaufgabe meines Wirkens. Die Frage des Wärmebedarfs bei der Verkokung steht heute noch zur Erörterung und seine Herabsetzung durch bauliche Vervollkommnung der Koksöfen ist in vollem Flusse[1]). Über den vielseitigen Aufgaben der Nebenerzeugnisgewinnung, Gas- und Wärmewirtschaft wurde der Koks mehr oder minder zum Stiefkind. Dies war besonders im Krieg und kurz nachher der Fall, zu einer Zeit, als die notwendigste Voraussetzung, nämlich die Verarbeitung regelrecht vorbereiteter, geeigneter und möglichst reiner Kohlen, nicht oder nur unvollkommen erfüllt werden konnte.

Bereits vor dieser Zeit führten mich die oft beobachteten Unterschiede im Koksverbrauch von Hochöfen, insbesondere beim Vergleich amerikanischer und europäischer Verhältnisse, zu der Folgerung, daß eine bisher nicht beachtete Eigenschaft des Kokses, die ich praktisch als Verbrennlichkeit bezeichnete, eine wesentliche Rolle spielen müsse[2]). Es zeigte sich, daß der bei niedriger Temperatur erzeugte Bienenkorbofenkoks im Hochofen wirtschaftlichere Ergebnisse lieferte als der damals in breiten Kammern bei hoher Temperatur und oft durch Übergarstehen hergestellte Nebenproduktenkoks[3]). Wertvolle Arbeit ist seither von vielen Seiten geleistet worden zur Erforschung jener Eigenschaften des Kokses, die für seine verschiedenen Verwendungszwecke kennzeichnend sind. Der Koks hat dann die ihm gebührende Stellung im Verfahren der Kohlenverkokung wieder eingenommen.

Erforderliche Eigenschaften des Kokses.

Die wesentlichsten und für den beabsichtigten Verwendungszweck wichtigsten Kennzeichen eines Kokses sind:

1. Aschengehalt,
2. Gefüge,
3. Reaktionsfähigkeit.

Diese Eigenschaften werden in der Hauptsache bereits durch die Beschaffenheit der verwendeten Kohlen festgelegt. Und doch wird oft gegen diese grundlegende Erkenntnis gesündigt, indem nur zu häufig Kohlensorten wahllos verarbeitet werden, während der daraus erzeugte Koks immer dem gleichen Zweck in gleich wirtschaftlicher Weise dienen soll. Die richtige Auswahl der Kohlen und die stetige Belieferung der kohlenverarbeitenden Werke durch die Zechen oder deren Verkaufsorganisationen mit den gewünschten Sorten in gleichmäßiger Beschaffenheit sind gewissermaßen die Vorbedingung, wenn die Kokerei oder das Gaswerk ein gleichmäßiges Erzeugnis herstellen soll. Deren Aufgabe ist es wieder, die Kohlensorten durch Mahlen und, wenn nötig, durch Mischen zweckmäßig aufzubereiten.

Einflüsse der Beimengungen.

Die mineralischen Beimengungen der Ausgangskohlen finden sich in stärkerer Verdichtung im Koks als Asche wieder. Von ihrer Menge hängen der Heizwert des Kokses und seine Verwertungsmöglichkeit ab. Aus diesem Grunde wird ganz allgemein dem Koks der Vorzug gegeben, der in reinerer Form angeboten wird. Kokereien verarbeiten meist gewaschene Kohlen; aber auch bei Verarbeitung von Förderkohlen können sie auf die Beschaffenheit der ihnen gelieferten Kohlen viel besser Einfluß ausüben als die Gaswerke, da sie meist den Zechen unmittelbar angegliedert sind. Daher ist der sogenannte Hüttenkoks der Kokereien vielfach reiner als der Gaskoks und sein Absatz leichter.

Der Einfluß des Aschengehaltes der Kohle auf das Entgasungsverfahren ist daher bei einem Gaswerk be-

[1]) Peischer, Neuere Koksofenbauarten, „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 224.

[2]) Koppers, Einige Bemerkungen über Hochofenkoks, „Stahl und Eisen" Bd. 34 (1914) S. 585.

[3]) Koppers, Fortschritte auf dem Gebiete der Kokserzeugung, der Einfluß der Koksbeschaffenheit auf den Hochofenbetrieb und Vorschläge für die Verbesserung des letzteren, „Stahl und Eisen" Bd. 41 (1921) S. 1173 u. 1254.

Abb. 1. Darstellung des Zusammenhanges zwischen Asche in der Kohle, Gasausbeute, Ausbringen an Verkaufskoks und Asche im Koks.

sonders anschaulich, vergl. Zahlentafel 1. Hieraus und aus Abb. 1 geht hervor, daß mit zunehmendem Aschengehalt der Kohlen die Gasausbeute abnimmt; das Ausbringen an Trockenkoks nimmt dagegen etwas zu. Diese Zunahme ist aber nicht auf eine größere Gewinnung an reiner Kokssubstanz zurückzuführen; sie nimmt im Gegenteil stärker ab als die Gasausbeute. Die steigende Gewinnung von Verkaufskoks ist vielmehr auf den im Koks schneller als in der Kohle ansteigenden Aschengehalt zurückzuführen. Hierbei sei bemerkt, daß in dieser Aufstellung die mit dem vermehrten Aschengehalt auftretende Zunahme des Unterfeuerungs- und Selbstverbrauches nicht berücksichtigt ist. Durch sie wird das Ausbringen an Reinkoks noch weiter wermindert, und auch die Trockenkoksausbeute nimmt etwas ab.

Die Hauptaufgabe der Gaswerke ist die Gaslieferung, der immer, gleichgültig ob Kohlen mit wenig oder viel Asche verarbeitet werden, entsprochen werden muß. Daher ist es richtiger und für das Endergebnis mehr maßgebend, den Einfluß des Aschengehaltes der Kohlen auf gleiche Gasabgabe zu beziehen. Für ein Gaswerk mit 10 Mill. m³ jährlicher Gasabgabe ergeben sich bei verschiedenem Aschengehalt der Kohle die in Zahlentafel 2 zusammengestellten Werte für Kohlenmengen, Koksausbringen und zu befördernde Aschenmengen. Legt man als Vergleichmaßstab einen Aschengehalt der Kohle von 5 vH als normal zugrunde, so sieht man, daß das Gaswerk bei einem Aschengehalt von 15 vH bereits 12 vH, bei einem Aschengehalt von 20 vH bereits 19 vH mehr an Kohle verarbeiten muß, um der Gasabgabe zu genügen. Hierbei entstehen Verkaufskoksmengen, die um 13 vH im einen Fall und um 26 vH im andern größer sind als bei den Kohlen mit 5 vH Asche. **Der Koks wird somit durch den Aschengehalt der Kohle nicht nur weniger wert, sondern er wird auch in erheblich größeren Mengen gewonnen und belastet den Koksmarkt.** Infolge seiner Minderwertigkeit ist er gegenüber andern Brennstoffen nicht wettbewerbfähig; es sei denn, daß sein Preis erheblich herabgesetzt wird, wodurch wieder der teilweise geldliche Ausgleich für den Mehreinkauf an Kohle verloren geht.

Am unerfreulichsten kommt der Aschengehalt der Kohle in den jährlich zu befördernden Aschenmengen in den Kohlen und im Koks zum Ausdruck. Bei 15 vH Kohlenasche müssen jährlich 257 Eisenbahnwagen von 20 t aufgewendet werden, um die Asche zu befördern, bei 20 vH Kohlenasche bereits 364! Ganze Eisenbahnzüge sind also jährlich erforderlich, um die Asche von der Zeche zum

Zahlentafel 1. Einfluß verschiedenen Aschengehaltes der Kohlen auf die Menge der Erzeugnisse, bezogen auf 1 t Trockenkohlen.

Aschengehalt der Kohle vH	0	5	10	15	20
Gasausbeute . . . . . m³	344	327	310	292.4	275
Reinkoksmenge . . . . kg	680	646	612	578	544
Trockenkoksmenge . . . „	680	696	712	728	744
Verkäufl. Reinkoks . . „	540	506	472	438	404
„ Trockenkoks „	540	545	549	552	553
Asche im „ vH	0	7.2	14	20.6	26.9

Zahlentafel 2. Einfluß des verschiedenen Aschengehalts der Kohlen auf die zu verarbeitenden Mengen, auf die Gewinnung an Verkaufskoks und die in den Kohlen und im Koks zu befördernden Asehenmengen, bezogen auf Mill. m³ jährlicher Gasabgabe.

Aschengehalt der Kohle . vH	0	5	10	15	20
Erforderliche Kohlenmenge 1000 t	29,1	30,6	32.3	34,2	36,4
Vielfaches der Kohlenmenge mit 5 vH Asche	0.95	1	1,057	1,12	1,19
Verkäufl. Koksmenge 1000 t	15,7	16,7	17,75	18.85	20,1
Vielfaches der Koksmenge im Vergleich zu der aus Kohle mit 5 vH Asche	0.943	1	1,063	1,13	1.26
Jährl. zu befördernde Aschenmengen in 20 t-Eisenbahnwagen:					
a) in der Kohle	0	76.5	161,5	257	364
b) im Verkaufskoks . . .	0	60	124	194	270.5
c) im eigenen Betriebe anfallende Aschenmengen	0	16.5	37,5	63	93.5

Gaswerk zu befördern. Die Kohlenasche erscheint zum größten Teil wieder im Koks, mit dem ihre Beförderung von neuem beginnt. Die Koksasche belastet weiter die Feuerungen der Koksabnehmer. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß, wie dies Bunte kürzlich ausgeführt hat[1]), der verstärkte Kohlendurchsatz eine vermehrte Inanspruchnahme der Ofenanlage des Gaswerks erfordert.

Also nicht nur privatwirtschaftlich sind mit dem unzulässigen Aschengehalt der Kohlen gewaltige Schädigungen verbunden, sondern auch volkswirtschaftlich; denn der Aschengehalt belastet als wertlose Beimengung die Verkehrsmittel. Diese Verhältnisse bedürfen m. E. dringend einer Änderung. Die Organisationen des Gasfaches scheinen mir hierfür die geeigneten Stellen, um durch Übereinkommen mit den Kohlenverkaufsorganisationen und Händlern auf Lieferung reinerer Kohlensorten für die Gaswerke einzuwirken. Nötig ist hierzu allerdings auch, daß die Gaswerke sich mehr als bisher der großen wirtschaftlichen Schäden bewußt werden, die ihnen der hohe Aschengehalt der Kohlen zufügt.

Für das Koksgefüge ist ebenfalls in erster Linie die Kohlensorte maßgebend. Bei hohem Aschengehalt und Verkokung der Kohle ohne vorherige Feinaufbereitung beobachtet man im Koks eingeschlossene Schieferstücke, die ihn bröcklich und zerreiblich machen, Abb. 2, Textbl. 2. Durch Mahlen der Kohlen vor dem Verkoken wird die Asche im Koks gleichmäßiger verteilt und ihr Einfluß in der Richtung, die Backfähigkeit herabzusetzen, vermindert; der Koks wird stückfester. Das Gefüge wird ferner durch den Gasgehalt beeinflußt. Magere Kokskohlen ergeben ein dichtes, Abb. 3, Gaskohlen ein mehr geblähtes Koksgefüge, Abb. 4 Textbl. 2. Aus diesem Grunde werden auch sehr gasreiche Kohlen gestampft und dann verkokt, wodurch man einen festen, geschlossenen Kokskuchen erhält. Die verschiedenen Kokssorten nach Abb. 2, 3 und 4 sind im gleichen Entgasungsverfahren (stetiger Betrieb) hergestellt worden, so daß der Einfluß der Kohlenbeschaffenheit klar zum Ausdruck kommt.

Kokereien, die Schmelzkoks für Gießereizwecke herstellen, bedienen sich gewaschener magerer Kokskohlen in fein aufbereiteter Form. Für den Hochofenbetrieb ist Koks aus gasreicheren Sorten vorzuziehen, der aber noch genügend Festigkeit haben soll, damit er nicht durch den Druck im Hochofen zerrieben wird. Für Hausbrandzwecke, Zentralheizungen und auch für industrielle Zwecke wird häufig Gaskoks verwendet. Den Nachteilen bei Verarbeitung wechselnder Kohlensorten mit verschiedener Backfähigkeit kann hier durch entsprechende Kohlenaufbereitung begegnet werden. Man kann durch planmäßige Mischung schlechtbackender mit gutbackenden Kohlen und solcher von hohem Aschengehalt mit Kohlen mit wenig Asche einen gleichmäßigen druck- und stückfesten Koks normalen Aschengehaltes erzeugen. Auf diesem Weg ist es möglich,

[1]) K. Bunte, Die Bedeutung des Aschengehalts der Kohle für die Gaswerke, „Gas- und Wasserfach" Bd. 68 (1925) S. 82.

Abb. 2. Bröckliger Koks aus nicht aufbereiteter, aschenreicher Förderkohle.

Abb. 5. Schliffbild eines Kokses, wie er im gewöhnlichen Betrieb einer oberschlesischen Hüttenkokerei bei regelloser Verarbeitung verschiedener Flözsorten im Stampfbetrieb anfällt.
4 × vergrößert.

Abb. 3. Dicker, harter Koks aus gewaschener Kokskohle.

Abb. 6. Schliffbild eines Kokses aus oberschlesischer Kohle, entstanden aus einer Mischung von
gut backender Kohle 60 vH,
mittel gut backender Kohle 25 vH,
teilw. abgeschwelter Kohle 15 vH.
4 × vergrößert.

Abb. 4. Stark geblähter Koks aus gewaschener Gaskohle.

Koppers: Koks als Erzeugnis der Entgasung und als Betriebstoff der Vergasung.

noch Kohlensorten zu verarbeiten, die, allein für sich verkokt, keinen gebackenen Koks, sondern sandigen Rückstand ergeben. Um eine wirklich gleichmäßige Mischkohle zu erhalten, muß man beim Mischen Feinkorn von höchstens 0 bis 10 mm, besser 0 bis 5 mm verwenden. Man benutzt zweckmäßig Mischteller, mit deren Hilfe das Mischverhältnis genau einstellbar ist. Die auf Kokereien oft noch übliche Mischung der Sorten durch abwechselndes Aufnehmen durch den Greifer ist zu roh, um ein gleichförmiges Gemenge zu erreichen. Das Kohlenmahlen und -mischen hat sich für Gaswerke überall, wo es eingeführt wurde, bestens bewährt[1]). Leider ist die Erkenntnis von der Notwendigkeit der Aufbereitung der Kohle vor ihrer Verkokung noch nicht Allgemeingut der Gasanstalten geworden. Man ist dort der Meinung, nur Wagerechtkammeröfen bedürften des Mahlens und Mischens der Kohlen, und vergißt, daß dieses Verfahren in erster Linie der Verbesserung der Kolksbeschaffenheit dient. Wie neuere Erfahrungen gezeigt haben, ist das auf Kokereien geübte Stampfen gewisser Kohlensorten bei Verwendung schmaler Kammern bei einigermaßen backenden Kohlen nicht immer erforderlich. Offenbar spielt hierbei die Geschwindigkeit der Kohlenerhitzung eine Rolle, die bei schmalen Kammern natürlich schneller vor sich geht als bei breiten.

Die Bedeutung der Reaktionsfähigkeit.

Die Reaktionsfähigkeit von Koks ist, seitdem man auf sie aufmerksam geworden ist und ihre Einflüsse planmäßig verfolgt hat, als von allergrößter Bedeutung für jeden Verwendungszweck erkannt worden. Unter Reaktionsfähigkeit von Koks ganz allgemein versteht man sein Verhalten gegenüber Sauerstoff, Kohlensäure und Wasserdampf. Es sind eine Reihe von Verfahren für die Bestimmung der Reaktionsfähigkeit von Koks mittlerweile bekannt geworden. Nach dem in meinem Laboratorium geübten Verfahren[2]) wird die Koksprobe mit einer Körnung von 0,5 bis 1 mm in das Quarzrohr eines elektrischen Ofens eingebracht und dort in einer Länge von 15 cm zwischen Asbeststopfen verteilt. Das Quarzrohr wird dann so erhitzt, daß nach 10 min eine Temperatur von 950 °C in der Koksschicht erreicht ist; während dieser Zeit gibt der bei niedriger Temperatur entstandene Koks noch einen Teil seiner Gase ab. Es wird dann unter Beibehaltung der Temperatur während 10 min Kohlensäure durch die Probe geleitet und das hierbei entstehende Gemenge von Kohlenoxyd und Kohlensäure unter gleichbleibendem Druck in einer Flasche aufgefangen. Eine Analyse des aufgefangenen Gasgemenges ergibt die Anteile von Kohlensäure und Kohlenoxyd. Das ursprüngliche Kohlensäurevolumen betrug dann $CO_2 + \frac{1}{2}\,CO$, das Kohlenoxydvolumen in Hundertteilen hiervon $\frac{100\,CO}{CO_2 + \frac{1}{2}\,CO}$. Diese Zahl gibt an, der wievielte Teil des ursprünglichen Kohlensäurevolumens in Kohlenoxyd umgewandelt wurde. Bei völliger Umwandlung würde man auf 100 Volumen CO_2 200 Volumen CO erhalten. Im Verlaufe mehrerer Untersuchungen stellte sich heraus, daß bei einem zweiten Überleiten von CO_2 sich etwas andre, meist höhere Zahlen für die Reaktionsfähigkeit ergeben, was darauf zurückgeführt werden kann, daß durch das vorherige Überleiten die Oberfläche des Kokses durch die Reaktion mehr aufgeschlossen wurde. Daher sind alle späteren Untersuchungen unter dreimaligem Überleiten von Kohlensäure durchgeführt worden; es zeigte sich, daß die hierbei beobachtete Art der Änderung der Reaktionsfähigkeit kennzeichnend für manche Kohlensorten ist. Für die Beurteilung der Reaktionsfähigkeit von Brennstoffe nach diesem Untersuchungsverfahren kann etwa nachstehende Reihenfolge benutzt werden:

geringe Reaktionsfähigkeit . . .	30 bis 50 vH
mittlere Reaktionsfähigkeit . . .	50 „ 100 „
hohe Reaktionsfähigkeit	100 „ 200 „

Ein Bild vom Verhalten der verschiedenen Kokssorten hinsichtlich Reaktionsfähigkeit gibt nachstehende Zusammenstellung:

[1]) Gerhard, Kohlenaufbereitung im Gaswerksbetrieb „Gas- und Wasserfach" Bd. 67 (1924) S. 180.

[2]) Näheres hierüber siehe in der Arbeit: Über Versuche zur Bestimmung der Verbrennlichkeit verkokter Brennstoffe Koppers-Mitteilungen 1923 S. 37

	I vH	II vH	III vH
Gießereikoks	34,1	50,9	53,8
Zentralheizungskoks, als schlecht brennend bezeichnet	37,3	39,4	39,8
Zentralheizungskoks, als gut brennend bezeichnet	79,0	93,5	94,7
Gaskoks	111,8	117,0	116,9
Hausbrandkoks	129,9	131,9	130,1
Hochofenkoks	158,1	150,5	150,4

Hieraus geht hervor, welche gewaltigen Unterschiede die verschiedenen Kokssorten beim Überleiten von Kohlensäure zeigen, und es folgt weiter, daß sich diese Unterschiede bei ihrer Anwendung bemerkbar machen müssen. Bereits die beiden als schlecht und gut brennend bezeichneten Sorten von Zentralheizungskoks zeigen einen großen Abstand in ihrer Reaktionsfähigkeit. Erheblich größer ist noch der Abstand zwischen Gießerei- und Hochofenkoks, der als der am stärksten reaktionsfähige im Hochtemperaturverfahren hergestellte Koks zu gelten hat.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß von ausschlaggebendem Einfluß auf die Reaktionsfähigkeit wiederum die Beschaffenheit der Ausgangskohle ist. Gasreiche Kohlen ergeben durchweg reaktionsfähigeren, magere Kokskohlen reaktionsträgen Koks. Aus diesem Grunde werden für die Herstellung schwerverbrennlichen Gießereikokses magere Kokskohlen vorgezogen. Auch die Behandlung der Kohlen vor ihrem Einsetzen in die Kammer bestimmt zum Teil die Reaktionsfähigkeit. So ergab z. B. eine Ruhrkohlenart, gestampft und ungestampft, nachstehende Zahlen für die Reaktionsfähigkeit, wobei mit B der der Kammerwand am nächsten liegende Teil, das sogenannte Blumenkohlende, mit T der aus der Kammermitte stammende Teil des Kokskuchens, das sogen. Teernahtende, bezeichnet ist:

1. Gestampfte Kohlen, verkokt in einer 515 mm breiten Kammer:

	I	II	III
B . . .	40,1	52,1	52,1 vH
T . . .	80,0	82,7	83,1 „

2. Ungestampfte Kohlen, verkokt in einer 350 mm breiten Kammer:

	I	II	III
B . . .	114,3	123,4	130,7 vH
T . . .	131,8	140,1	136,9 „

Der Koks aus den gestampften Kohlen ist demnach viel weniger reaktionsfähig als der Koks aus den ungestampften Kohlen. Weiter zeigt sich, daß bei der breiten Kammer die Unterschiede in der Reaktionsfähigkeit zwischen dem Koks an der Kammerwand und dem im Kern des Kokskuchens sehr viel größer sind als in der schmalen Kammer. Bemerkt sei noch, daß die Kohlen in der breiten Kammer ohne Stampfen überhaupt keinen genügend druckfesten Koks ergeben hatten, wogegen die schmale Kammer einen durchaus normalen, genügend gebackenen Koks lieferte. Ein andres Beispiel, das ausschließlich den Einfluß der Kammerbreite zeigt, geben Untersuchungen an dem Koks aus dem 500 mm und dem 350 mm breiten Koppers-Ofen auf Zeche Bahnschacht in Waldenburg:

1. Koppers-Ofen 500 mm breit, Garungszeit 36 h:

	I	II	III
B . . .	67,3	52,4	42,9 vH
T . . .	96,2	67,1	51,8 „

2. Koppers-Ofen 350 mm breit, Garungszeit 13¼ h:

	I	II	III
B . . .	116,1	123,8	129,9 vH
T . . .	122,3	131,5	135,6 „

Auch hieraus erkennt man die bessere Reaktionsfähigkeit des Kokses aus dem schmalen Ofen und seine Gleichmäßigkeit. Hiermit soll aber nicht behauptet werden, daß nur mittels der schmalen Kammer ein leicht verbrennlicher Koks zu erhalten sei. Letzten Endes ist die Oberflächenbeschaffenheit, die u. a. auch bestimmt wird durch die Entgasungstemperatur, ausschlaggebend für den Grad der Reaktionsfähigkeit. Betreibt man breite Kammern mit niedriger Temperatur, so ist es möglich, auch darin einen leicht verbrennlichen Koks zu erzeugen. Wirtschaftlich ist natür-

lich eine solche Betriebsweise bei breiten Kammern nicht, da ihre Leistung infolge der niedrigen Kammertemperatur sehr schnell sinkt. In 510 bis 550 mm breiten Kammern erhält man bei Verwendung oberschlesischer Kohlen und verschiedener Kammerwandtemperatur, daher auch verschiedener Garungszeit, nachstehende Zahlen der Reaktionsfähigkeit des Kokses:

1. Garungszeit 34 bis 35 h:

	I	II	III
B . . .	74,6	77,3	78,3 vH
T . . .	86,5	92,2	93,1 „

2. Garungszeit 37 h:

	I	II	III
B . . .	126,1	145,6	146,2 vH
T . . .	143,0	149,6	150,7 „

Dies zeigt, wie erheblich die Entgasungstemperatur die Reaktionsfähigkeit beeinflußt. Eine niedrige Entgasungstemperatur bei noch wirtschaftlicher Kammerleistung ist bei schmalen Kammern möglich, während anderseits auch in diesen durch entsprechend hohe Ofentemperatur ein schwerverbrennlicher Koks erzeugt werden kann.

Von Einfluß auf die Reaktionsfähigkeit von Koks ist ferner dessen Entgasungsgrad. Für die Herstellung leichtverbrennlichen Hochofenkokses ist ein gewisser im Koks verbleibender Gasgehalt angezeigt, da dieser die Reaktionsfähigkeit erheblich unterstützt. Die Reaktionsfähigkeit von Koks wird, wie die bisherigen praktischen Ergebnisse und laboratoriumsmäßigen Untersuchungen gezeigt haben, durch folgende Umstände bestimmt:

1. Beschaffenheit der verkokten Kohlen,
2. Entgasungstemperatur,
3. Entgasungsgrad.

Die Tatsache, daß Unterschiede in der Reaktionsfähigkeit von Koks vorhanden sind, verpflichtet zugleich, davon bei der Auswahl der Kokssorten für die verschiedenen Anwendungsgebiete Gebrauch zu machen. Man kann hierbei drei große Gruppen unterscheiden:

1. Verfahren, bei denen der Kohlenstoff im Koks zwecks konzentrierter Wärmeentwicklung überwiegend zu Kohlensäure verbrannt wird. Hierzu gehören alle Schmelzverfahren, insbesondere die Gußeisenherstellung im Kuppelofen. Die Zone der Wärmeentwicklung muß dort möglichst eingeschränkt sein; es ist nicht erwünscht, daß sich ein Teil der Kohlensäure im Schacht wieder zu Kohlenoxyd reduziert, das dann an der Gicht verbrennt, wodurch sein Wärmeinhalt für den Vorgang verloren geht. Für diese Verfahren muß also möglichst schwerverbrennlicher Koks, sogenannter Gießereikoks, verwendet werden.

2. Verfahren, bei denen es zwar auf Wärmeentwicklung ankommt, die aber nicht konzentriert zu sein braucht; hierzu gehören alle Heizvorgänge. Für diese Zwecke kann ebensogut ein Koks mittlerer wie hoher Reaktionsfähigkeit verwendet werden, denn etwa sich bildendes Kohlenoxyd wird durch Überschuß- oder Zweitluft noch im Ofen verbrannt, sein Wärmeinhalt kommt also der Heizvorrichtung noch zugute. Im allgemeinen wird bei Feuerungen (Herde, Öfen, Dampfkessel usw.) leichtverbrennlicher Koks vorgezogen, da er leicht zündet, eine längere Flamme gibt und zu seiner Verbrennung weniger Zug erforderlich ist.

3. Verfahren, die den Zweck haben, den Kohlenstoff im Koks möglichst weitgehend in CO bzw. unter Wasserdampfzufuhr in CO und H_2 umzusetzen, sei es, um das Kohlenoxyd wie im Hochofen zu Reduktionszwecken zu verwenden oder ein brennbares Gas, Luftgas oder Generatorgas, zu erzeugen. Da ein hoher Umsetzungsgrad von CO_2 in CO, wie wir gesehen haben, geradezu das Merkmal eines Kokses hoher Reaktionsfähigkeit ist, so kann für diese Verfahren auch nur ein solcher in Frage kommen.

Verarbeitung minderwertiger Kohlen.

Seitdem die Zusammenhänge zwischen der Reaktionsfähigkeit des Kokses und dem mehr oder minder günstigen Verlauf der erwähnten Umsetzungsvorgänge erkannt worden sind, wird mehr und mehr darauf hingearbeitet, praktische Folgerungen daraus zu ziehen. Gießereien haben von jeher den harten, dichten, schwerverbrennlichen Koks bevorzugt. Es scheint mir aber, daß in der Praxis des Hochofenbetriebes die wirtschaftlichen Vorteile leichtverbrennlichen Kokses noch sehr unterschätzt werden. Zwar verwenden viele Hochofenkoks erzeugende Kokereien bereits schmale Kammern bei kurzer Garungszeit und erhalten damit leichtverbrennlichen Hochofenkoks, der erheblich bessere Ergebnisse im Hochofenbetriebe gezeitigt hat. Verschiedentlich ist mir bekannt geworden, daß auf diese Weise der Koksverbrauch für 1 t Roheisen, der früher etwa 950 kg betragen hat, bis auf etwa 810 kg zurückgegangen ist. Aber es gibt noch eine Reihe von Hochofenwerken, die die Nutzanwendung aus dem Zusammenhange zwischen der Reaktionsfähigkeit des Kokses und dem Koksverbrauch im Hochofen noch nicht gezogen haben. So wird z. B. in der einem Hüttenwerk angegliederten Kokerei Koks aus mageren Kokskohlen gewonnen, der sowohl zur Gießerei als auch zum Hochofen geht. Eine solche Arbeitsweise mag sehr einfach und bequem sein, die Folgen zeigen sich aber in einem sehr großen Koksverbrauch des Hochofens.

Planmäßige Kohlenverarbeitung in den Kokereien und Gaswerken und planmäßige Koksverwendung, insbesondere in Hüttenwerken, müssen die vornehmste Aufgabe der nächsten Zukunft sein. Die deutsche Industrie kann nur durch Qualitätsleistung auf allen Gebieten gegenüber dem übermächtigen Wettbewerb der fremden Staaten, insbesondere Amerikas, bestehen. Beginnt die Qualitätsleistung nicht schon bei den Kohlen, als dem ursprünglichsten Rohstoff nahezu jeder Industrie, so kann von dem Erzeugnis um so weniger Hochwertigkeit erwartet werden, je mehr es von der Kohlenbeschaffenheit abhängig ist.

Außer dieser grundsätzlichen bewegt uns heute noch eine andere Frage: der Kohlenbesitz Deutschlands ist durch den verlorenen Krieg erheblich verkleinert, die wertvollsten Kohlengebiete sind uns genommen worden. Was uns in Oberschlesien an Gruben mit verkokbarer Kohle verblieben ist, ist nur ein kleiner Bruchteil dessen, was Deutschland früher dort besaß. Daraus ergibt sich die zwingende Notwendigkeit, auch solche Kohlenvorkommen zur Koksherstellung heranzuziehen, die bisher nicht als verkokbare Kohlen galten. Es sind hierin in letzter Zeit erhebliche Fortschritte erzielt worden. Sorten, die infolge ihres hohen Gehaltes an flüchtigen Bestandteilen bis zu 33 vH, für sich allein verkokt, keinen gebackenen, sondern

Zahlentafel 3. Prüfung von Koks aus gemischten und abgeschwelten Kohlen. Anteile der Kokskörnungen in vH.

	Alter Ofen, 500 mm breit, Normalkohlen, geschleudert	Koppers-Ofen, 350 mm breit, Normalkohlen, geschleudert	Alter Ofen, 500 mm breit, Normalkohlen, gemahlen	Koppers-Ofen, 350 mm breit, Normalkohlen, gemahlen	Koppers-Ofen, 350 mm breit, Mischung mit abgeschwelten Kohlen, gemahlen
Kokskörnungen mm					
über 60	69,0	76,4	80,0	79,2	80,2
40 bis 60	9,0	8,0	5,1	5,2	7,9
25 „ 40	3,5	2,5	2,0	2,5	2,75
15 „ 25	3,5	2,5	2,0	2,5	2,15
7 „ 15	5,7	4,0	3,0	4,7	2,15
unter 7	9,3	6,6	8,0	5,9	4,85
Trommelprobe mm					
über 40	40,8	43,6	52,4	61,2	70,2
25 bis 40	30,4	27,0	22,2	18,4	14,8
7 „ 25	10,0	13,0	11,8	5,4	4,4
unter 7	18,8	16,4	13,6	15,0	10,6
Fallprobe mm					
über 50	47,6	50,0	52,6	60,6	76,0
unter 50	52,4	50,0	47,4	39,4	24,0
scheinbares spez. Gewicht	0,99	0,99	0,99	0,99	0,955
wirkliches spez. Gewicht	1,80	1,82	1,78	1,78	1,747
Porenraum . . . . vH	45,0	45,6	44,4	44,4	45,3
Koksmasse . . . . . „	55,0	54,4	55,6	55,6	54,7
Asche . . . . „	12,0	12,0	12,0	12,0	11,65
flücht. Bestandteile „	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9

einen mehr oder minder sandigen Rückstand ergeben, können jetzt in Mischung mit andern Kohlen zur Koksbereitung verwendet werden. So wurden auf einer Hüttenkokerei Oberschlesiens im normalen Betrieb aus drei verschiedenen Flözen Kohlen mit zum Teil sehr verschiedenen Eigenschaften ohne regelrechte Mischung nacheinander verarbeitet. Hierbei entstand ein Koks von großer Ungleichmäßigkeit in bezug auf Härte und Stückfestigkeit. Dann hat man die Kohlensorten fein aufbereitet und in ganz bestimmten Verhältnissen gemischt, was bereits die Koksbeschaffenheit erheblich verbesserte. Es gelang schließlich, Kohlen mitzuverarbeiten, die selbst in Mischung mit besser backenden Kohlen sich als nicht geeignet erwiesen hatten. Die sehr gasreichen Kohlen des betreffenden Flözes wurden nämlich vor der Zumischung zu den andern Kohlensorten teilweise geschwelt. Am zweckmäßigsten hat sich folgende Mischung dieser abgeschwelten Kohlen mit andern Kohlensorten ergeben:

Gut backende Kohlen	60 vH
mittelgut backende Kohlen	25 „
abgeschwelte schlecht backende Kohlen	15 „

Dieses Gemisch wurde in feiner Aufbereitung gestampft und im 350 mm breiten Koppers-Ofen verkokt. Es zeigte sich, daß der daraus entstandene Koks viel fester war und weniger Grusabfall zeigte als der im früheren Betrieb aus den einzelnen Sorten hergestellte. Bei der vergleichenden Prüfung wurde der Koks nach der Trommelprobe von Simmersbach und der Fallprobe untersucht, außerdem der Porenraum bestimmt. Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 3 zusammengetragen. Unter Normalkohle sind in dieser Zahlentafel die Kohlen verstanden, wie sie bei regelloser Verarbeitung der aus der Zeche geförderten verschiedenen Flözsorten, wie dies früher üblich war, zur Kokerei gelangten. Nach der Zusammenstellung ergeben sich bei Verarbeitung von Normalkohlen bereits Unterschiede zwischen der im 500 mm breiten Ofen und der im 350 mm breiten Koppers-Ofen auftretenden Körnung. Es zeigte sich, daß das Ausbringen an Grobkoks im schmalen Ofen auch ohne Zusatz von abgeschwelten Kohlen höher war als im breiten. Die Trommelprobe ergab eine starke Überlegenheit des Kokses aus der Mischung mit teilweise abgeschwelten Kohlen. Der Rückstand über 40 mm betrug bei Verarbeitung dieser Kohlenmischung 70 vH, bei Verarbeitung von Normalkohle 40 bis 61 vH. Ähnliche Ergebnisse lieferte die Fallprobe.

Bemerkenswert ist, daß die größere Festigkeit des Kokses aus dem schmalen Ofen, besonders aber bei Verwendung eines Zusatzes abgeschwelter Kohlen zur Mischung nicht auf Kosten des Porenraumes erreicht wurde. Besonders deutlich treten die Unterschiede im Koksgefüge beim Vergleich der Koksschliffe der beiden Sorten hervor. Abb. 5, Textbl. 2, zeigt das Gefüge des Kokses aus normaler Kokskohle und läßt deutlich Schieferstücke und Teile nicht gebackener Kohlen erkennen, die mit den umgebenden Koksteilen nicht verschmolzen sind. Abb. 6, Textbl. 2, zeigt das Koksgefüge der oben erwähnten Mischung mit Zusatz abgeschwelter Kohlen. Deutlich tritt das einheitliche Gefüge hervor. Ferner zeigt die Abbildung, daß der Koks aus wesentlich dünneren Zellwänden besteht als der Koks aus den Normalkohlen.

Später sind Versuche ausgeführt worden, bei denen als Schwelkohlen Staubkohlen verwendet wurden, die sonst als Kohlenabfall auf die Halde wanderten. Hierbei wurden gleich gute Ergebnisse erhalten. Diese Versuche zeigen, daß es gelingt, mit verhältnismäßig bescheidenen Mitteln nicht allein die Koksbeschaffenheit erheblich zu verbessern, sondern auch die Reihe der zur Koksherstellung verwertbaren Kohlensorten erheblich zu erweitern.

Alle Verfahren planmäßiger Betriebswirtschaft finden erfahrungsmäßig eine um so liebevollere Pflege, je größer und umfassender ein Industriebetrieb ist. Die planmäßige Kohlenvorbereitung vor der Verkokung gehört wie vieles andere der Kokereiindustrie zu den bedeutsamen Aufgaben ihrer Betriebswirtschaft. Es ist also zu erwarten, daß in dem wesentlich weiteren Rahmen einer Großkokerei die Aufgaben planmäßiger Koksherstellung eine bessere Pflege finden als bei kleinen Einzelkokereien; dies schon aus dem Grunde, da diesen die verarbeitbaren Kohlensorten nur in mehr oder minder beschränktem Umfange zur Verfügung stehen. Daher dürfte in der ferneren Entwicklung der Kokereiindustrie die Errichtung von Großkokereien voraussichtlich eine stärkere Betonung als bisher finden.

Behandlung des Kokses nach dem Ausdrücken.

Von Einfluß auf die Beschaffenheit des Kokses ist ferner seine weitere Behandlung nach dem Ausdrücken aus der Kammer. Ist der Koks genügend stückfest, so ist die weitere Behandlung nicht von solcher Bedeutung, als wenn er schlecht gebacken, rissig und grusartig ist. Natürlich wird man in jedem Falle bei der weiteren Koksbehandlung möglichst schonend verfahren und vor allen Dingen vermeiden, den Koks zu häufig und aus zu großer Höhe abzustürzen. Eine sehr schonende Behandlung wird dem Koks zuteil, wenn er in einen Wagen mit schrägem Boden (fahrbare Koksrampe) ausgedrückt wird. Er kann darauf leicht in dünner Schicht ausgebreitet werden; dies ist wichtig für den nachfolgenden Löschvorgang. Denn liegt der Koks in einem großen Haufwerk, so muß man die Oberflächenteile stark mit Wasser durchtränken, um die inneren Teile noch abzulöschen. Bei Ausbreitung in dünner Schicht genügen zum Löschen die geringsten Wassermengen. Nach dem Ablöschen wird der Koks auf eine schräge feststehende Rampe abgeladen, aus der er auf das Förderband verteilt wird. So wird der Koks auf dem Wege von der Kammer zum Förderband niemals gestürzt.

In neuerer Zeit wird an Stelle der nassen Kokslöschung auch die trockene Kokskühlung angewandt; sofern der Koks im eigenen Betriebe, z. B. im Hüttenbetrieb, verwendet wird, gewährt dieses Verfahren zweifellos wirtschaftliche Vorteile. Zwar ist die nasse Löschung ein sehr rohes Verfahren, denn die Koksstücke werden durch die rasche Abkühlung und durch den sich bildenden Wasserdampf zum Teil zersprengt. Anderseits darf auch nicht vergessen werden, daß bei der Beförderung des Kokses in die Trockenkühlanlage ein zusätzliches zweimaliges Stürzen erforderlich ist, dessen Wirkung allerdings im Vergleich zu jener der nassen Löschung unbedeutend sein dürfte und durch geeignete Einrichtungen herabgemindert werden kann. Für den Hochofenbetrieb ist es jedenfalls sehr günstig, den Koks vollkommen trocken und möglichst wenig rissig verwenden zu können; als wirtschaftlicher Gewinn der Trockenkokskühlung ist außerdem die Ausnutzung der Kokswärme zur Dampferzeugung zu buchen.

Trotzdem scheint es, daß das Verfahren der trockenen Kokskühlung noch einige Zeit der Entwicklung bedarf, ehe man ein abschließendes Urteil über seine Bewährung in wirtschaftlicher Hinsicht aussprechen kann. In Kokereien, die den Koks nicht im eigenen Hüttenbetrieb verwerten, sowie in Gaswerken ist jedenfalls der wirtschaftliche Gewinn der trockenen Kokskühlung in Frage gestellt, wenn für den trocken gekühlten und nach Gewicht verkauften Koks nicht ein höherer Preis entsprechend seinem höheren Heizwert erreicht werden kann.

Koks als Betriebstoff der Vergasung.

Die Vergasung von Brennstoffen bezweckt ihre Umsetzung in Gasform, wobei ein Teil des Brennstoffheizwertes für den Wärmebedarf des Verfahrens verloren geht. Die Vergasung ist also nicht verlustlos, sondern verläuft mit einem bestimmten Wirkungsgrad. Dies ist besonders zu beachten, wenn entschieden werden soll, ob zur Wärmegewinnung ein Brennstoff unmittelbar verbrannt oder erst vergast und das Gas verbrannt werden soll. Im letzteren Falle sind zwei Verfahren hintereinander geschaltet, so daß sich ihre Wärmeverluste summieren und daher der Wärmewirkungsgrad der Vergasung und Gasverbrennung zusammen betrachtet niedriger ist als der Wärmewirkungsgrad der unmittelbaren Verfeuerung des Brennstoffes. Es ist daher im allgemeinen unwirtschaftlich, erst Generatorgas aus einem Brennstoff zu erzeugen und dieses Gas dann z. B. in Dampfkesseln zu verbrennen. Hier ist die unmittelbare Verbrennung des Brennstoffes fast immer vorzuziehen. Handelt es sich aber um Heizvorgänge bei hoher Temperatur, die nur erreichbar ist durch Vorwärmung des Heizgases und der Verbrennungsluft, so kann in diesem

Zahlentafel 4. Ergebnisse von Leistungsversuchen mit Kleinkoks und Koksgrus im 2,1 m-Drehrostgaserzeuger, Bauart Koppers.

	Versuch mit Gaskoks (Ausgeführt vom Gasinstitut Karlsruhe)	Versuche mit Kokereikoks		
	1	2	3	4
Kokszusammensetzung in vH				
Asche	21,2	13,6	13,4	—
Wasser	16,8	15,7	19,5	—
Reinkoks	62,0	70,7	67,1	—
Siebanalyse des Kokses in vH				
unter 3 mm	} 30,0	9,4	21,6	34,3
3 bis 5 „		18,8	8,6	16,9
5 „ 10 „	16,0	16,7	10,6	17,2
10 „ 20 „	50,0	51,3	56,4	30,4
über 20 „	4,0	3,8	2,8	1,2

Falle natürlich nur gasförmiger Brennstoff verwendet werden; hier ist die Vergasung von Brennstoffen am Platze.

Da das bei der Vergasung entstehende Generatorgas ein Schwachgas mit einem Heizwert unter 3000 kcal ist, so verwendet man zur Vergasung vorzugsweise minderwertige Brennstoffe, deren Verwertung in anderer Weise nicht möglich oder unwirtschaftlich ist. So ist die Vergasung von Steinkohlen, abgesehen von dem häufig schwierigen Generatorbetrieb, aus privat- und volkswirtschaftlichen Gründen zu verurteilen, es sei denn, daß sich die verwendete Kohlensorte zur Entgasung nicht eignet. Im andern Falle sollten die Kohlen erst entgast bzw. verkokt werden, um das wertvollere Steinkohlengas und die Nebenerzeugnisse daraus zu gewinnen; erst der Rückstand, der Koks, sollte zur Vergasung dienen.

Der Koks ist, da er vollkommen oder nahezu (Halbkoks) bitumfrei ist, also backende Eigenschaften nicht hat, zur Vergasung vorzüglich geeignet. Vielfach wird er in den Einzelgeneratoren von Gaserzeugungsöfen und in Generatoren von Hüttenwerken und andern industriellen Betrieben als Stückkoks von 20 bis 40 mm und darüber verarbeitet. Koks dieser Art ist aber, wenn die Lage des Koksmarktes eine solche Bewertung zuläßt, auch ein wertvoller Brennstoff, der mit besserem Wirkungsgrad anderweitig verwertet werden kann. Demgegenüber gibt es auf Kokereien und Gaswerken genügend Abfall in Form von Kleinkoks, der besonders in der Korngröße von 0 bis 10 mm ein fast wertloses Erzeugnis darstellt. Ich habe es mir zur Aufgabe gemacht, die Vergasung dieses Brennstoffes durch eine angepaßte Gaserzeugerbauart zu ermöglichen. Dies ist nach langen Versuchen gelungen, so daß man heut imstande ist, den Abfallkoks ohne Schwierigkeiten zu verarbeiten.

In letzter Zeit sind eine Reihe von Leistungsversuchen an solchen Gaserzeugern ausgeführt worden. Über einen amtlichen Leistungsversuch des Gasinstitutes in Karlsruhe an 2,1 m-Gaserzeugern in Mannheim-Luzenberg ist bereits an anderer Stelle berichtet worden[1]). Hieraus sind die wesentlichsten Ergebnisse mit denen anderer in jüngster Zeit ausgeführter Versuche in Zahlentafel 4 zusammengetragen worden und die Siebanalysen des Vergasungsmaterials in Abb. 7 und 8 zeichnerisch dargestellt.

Zum Versuch in Mannheim (Nr. 1) wurde Gaskoks von 0 bis 30 mm mit einem Gehalt von 46 vH unter 10 mm angewandt; der Anteil an Staub unter 5 mm (30 vH) war erheblich. Die Versuche Nr. 2, 3 und 4 wurden mit Koksabfall aus einer Hüttenkokerei ausgeführt. Die Siebanalyse des hierbei vergasten Kokses zeigt zunehmende Anteile unter 3 mm, welche Korngröße beim Versuch Nr. 4 34,3 vH erreichte. Der gesamte Anteil unter 10 mm bewegte sich bei den Versuchen zwischen 45 und 68 vH. Dies zeigt, daß es jetzt gelungen ist, Kleinkoks und Koksgrus mit mehr als der Hälfte von 0 bis 10 mm Korngröße zu verarbeiten. Im Betriebe dieser Gaserzeuger trat Randfeuer nicht auf, und auch Stocharbeit war, wie sich zeigte, trotz des oft hohen Aschengehalts im Brennstoff kaum erforderlich. Daher ist der Wirkungsgrad, bezogen auf kaltes Gas, unter Berücksichtigung des schlechten Vergasungsstoffes vergleichsweise hoch; er betrug bei den Versuchen in Mannheim bei rd. 21 vH Asche im Brennstoff 75,7 vH, der Wärmewirkungsgrad 81,4 vH. Die Durchsatzleistung der Gaserzeuger von 2,1 m Dmr. entspricht einer Querschnittsbelastung von etwa 100 kg für 1 m² und Stunde und darüber. Nur beim Versuch Nr. 4, wo Koks von sehr hohem Feingehalt verarbeitet wurde, wobei der vorhandene Winddruck nicht ausreichte, ist die Belastung unter 100 kg geblieben.

Die Koksvergasung verläuft mit um so höherem Wirkungsgrad, je mehr die Vorgänge:

$$C + CO_2 \rightarrow 2\,CO$$
und
$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2$$

überwiegen. Dies besagt nach dem über die Reaktionsfähigkeit von Koks Gesagten, daß der Wirkungsgrad um so höher ist, je größer die Reaktionsfähigkeit des Kokses. Diese ist durch die Oberflächenbeschaffenheit im wesentlichen bestimmt. Bei der Vergasung durchströmt der Unterwind mit sehr erheblicher Geschwindigkeit eine verhältnismäßig kurze Strecke der Brennstoffsäule. Nur auf einem Teil ihrer Höhe ist die für die Umsetzung erforderliche Temperatur vorhanden. Die Umsetzung muß also in Bruch-

Abb. 7. Darstellung der Siebanalyse nach Korngröße.

Abb. 8. Darstellung der Siebanalyse unter Summierung der Kornanteile.

[1]) Mitteilung des Gasinstitutes Zentralgeneratorenbetrieb mit Koksklein und Koksgrus, „Gas- und Wasserfach" Bd 68 (1925) S. 121

teilen von Sekunden vollendet sein. Dauert sie aus irgendeinem Grunde länger an, so kommt das entstandene Gas zu früh in kältere Schichten, ehe noch der wirtschaftlichste Grad der Umsetzung erreicht ist. Es besteht also zwischen Gasgeschwindigkeit im Brennstoffbett und Reaktionsgeschwindigkeit ein bestimmtes günstigstes Verhältnis. Die Gasgeschwindigkeit ist festgelegt durch die Gaserzeugerleistung. Man wird immer auf höchste Leistung hinarbeiten, so daß die Gasgeschwindigkeit, die im übrigen auch noch von der Dichtheit der Lagerung des Kokses abhängt, nicht beeinflußbar ist. Die Reaktionsgeschwindigkeit dagegen kann dadurch erhöht werden, daß dem Unterwind mehr Oberfläche durch kleinerstückigen Brennstoff geboten wird und dadurch, daß die Oberfläche jedes einzelnen Koksstückes möglichst weitgehend aufgeschlossen, der Koks also sehr reaktionsfähig ist. Erfahrungsmäßig erstreckt sich bei zu großstückigem und reaktionsträgem Koks die Zone hoher Temperatur über eine größere Höhe der Brennstoffsäule als bei kleinkörnigem, sehr reaktionsfähigem Koks, wie ihn der Halbkoks darstellt. Im ersteren Falle findet man daher mehr Kohlensäure im Erzeugergas, es hat niedrigeren Heizwert, und der Gaserzeugerwirkungsgrad ist schlechter. Bei Kokssorten gleicher Korngröße ist ferner noch festzustellen, daß die Durchsatzleistung im Gaserzeuger bei Verwendung der besser reaktionsfähigen Sorten oft erheblich größer ist als bei denen mit geringer Reaktionsfähigkeit. Diese Eigenschaft des Kokses verdient also beim Gaserzeugerbetrieb in mindestens ebenso hohem Maß ihre Beachtung wie im Hochofenbetrieb.

Wie bei der Verbrennung kommt auch bei der Vergasung von Koks dessen Aschengehalt zur Geltung. Im Gaserzeuger mit mechanischer Entschlackung durch Drehrost kann Koks mit einem Anschengehalt von 25 vH und mehr meist ohne erhebliche Schwierigkeiten vergast werden, sofern die Asche im Koks einen genügend hohen Schmelzpunkt hat. Verarbeitet man Koks mit einer Asche mit hohem Gehalt an Eisen ader andern Flußmitteln, die demzufolge auch einen niedrigen Schmelzpunkt von etwa 1200 °C hat, so beginnt die Asche in der Zone höchster Temperatur zu fließen und backt zu Schlackenklumpen und -brücken zusammen, was wiederum ungleiche Verteilung des Windes über den Gaserzeugerquerschnitt zur Folge hat. Es entstehen Randfeuer und Durchbrüche, so daß der Gaserzeugerbetrieb oft nur mittels schwerer Stocharbeit bewältigt werden kann. Der kühlende und körnende Einfluß des dem Unterwinde beigemengten Dampfes kommt bei Asche solcher Beschaffenheit meist zu spät zur Geltung und hat keine Wirkung mehr auf die bereits gebildeten Schlackensinterungen. Solche Betriebsverhältnisse werden auch hervorgerufen durch zu hohe Vergasungstemperatur, die eintritt bei Überlastung eines Gaserzeugers oder bei zu geringer Reaktionsfähigkeit des verwendeten Kokses. Besonders schwierig wird demnach ein Gaserzeugerbetrieb, wenn der verwendete Koks bei geringer Reaktionsfähigkeit auch noch eine leicht schmelzbare Asche enthält. Im allgemeinen haben Kohlen und der daraus erzeugte Koks aus deutschen Vorkommen meist eine genügend schwer schmelzbare Asche. Immerhin verdient der Einfluß der Schmelztemperatur der Asche auf den Vergasungsvorgang entsprechende Berücksichtigung; man wird in der Beschaffenheit der Asche sehr oft die Erklärung für guten oder schlechten Gaserzeugergang finden.

Zusammenfassung.

In einem geschichtlichen Rückblick werden die Herstellverfahren von Koks in bezug auf die hierbei erreichte Koksbeschaffenheit untersucht. In der neuesten Zeit der Kokereitechnik kommt außer der Gewinnung der Nebenerzeugnisse und außer der Wärmewirtschaft des Kokereibetriebes auch die Koksbeschaffenheit erneut zur Geltung.

Die Einflüsse des Aschengehaltes, des Gefüges und der Reaktionsfähigkeit bei der Herstellung von Koks, besonders bei seiner Verwendung, werden untersucht und die Maßnahmen erläutert, mit deren Hilfe die Herstellung von Koks in Kokereien und Gaswerken im Sinne der gewünschten Beschaffenheit beeinflußt werden kann.

Unter den Zukunftsaufgaben der Kokereitechnik erscheint als wichtigste die Mitverarbeitung schlechtbackender, zur Kokserzeugung sonst ungeeigneter Kohlensorten in entsprechender Vorbereitung und Mischung mit gutbackenden Kohlen. Die schonende Behandlung des Kokses nach dem Verlassen der Kammer, zweckmäßig unter Ausnutzung seines Wärmeinhaltes, wird als weiteres Ziel der Entwicklung der Kohlenverkokung bezeichnet.

Als wirtschaftlichste Brennstoffe haben die geringwertigen Brennstoffe zu gelten. Unter ihnen nehmen der Koksgrus und der Koksstaub, die in Gaswerken und Kokereien als Abfall gewonnen werden, eine besondere Stellung ein. Es ist gelungen, diesen Brennstoff mit wirtschaftlichem Erfolg in Gaserzeugern zu verarbeiten. Bei der Koksvergasung spielen die Korngröße des Kokses und seine Reaktionsfähigkeit eine sehr wichtige Rolle. Es wird ein um so höherer Wirkungsgrad der Vergasung erreicht, je reaktionsfähiger der Koks ist. [B 284]

Trockene Kokskühlung.

Zur wirtschaftlichen Gewinnung und Verwertung der fühlbaren Wärme des glühenden Kokses ist nach einem Verfahren der Firma Gebr. Sulzer A.-G., Winterthur, im Gaswerk Schlieren der Stadt Zürich eine Versuchsanlage geschaffen worden[1]). In dieser fällt der glühende Koks aus den Retorten in Kübel, wird durch diese in einen geschlossenen Behälter befördert und dort unter Entwicklung chemisch unwirksamer Gase von etwa 1100 °C auf etwa 250 °C gekühlt. Dieses Kühlgas entsteht aus der geringen Luftmenge, die in dem Behälter neben dem Koks vorhanden ist, und ihren Sauerstoff schon bei dem ersten Hindurchstreichen durch den glühenden Koks verliert. Es wird durch einen Ventilator in eine Dampfkesselanlage geführt, an die es die aufgenommene Wärme abgibt. Die an der Versuchsanlage in Schlieren gemachten Erfahrungen führten zu einer Vervollkommnung der neu zu bauenden Anlagen zur trockenen Kokskühlung. So wurden die Fördervorrichtungen wirtschaftlich ausgestaltet, die Füll- und Abfüllvorrichtungen verbessert und auf ein gleichmäßiges Durchwandern des Kokses durch den Kühlraum große Aufmerksamkeit verwendet.

Zur Ermittlung der Wärmemengen, die in 1 t Koks enthalten sind, und die bei einer Abkühlung des Kokses von z. B. 1000 °C auf 250 °C frei werden, war es notwendig, die spezifische Wärme des Kokses zu bestimmen. Diese wurde durch mehrere verschiedene Verfahren ermittelt; ferner ist eine Zahlentafel aufgestellt worden, aus der die verfügbare Wärme bei der Abkühlung der verschiedenen Koksarten abgelesen werden kann. Hiernach werden in den ausgeführten Anlagen aus 1000 kg glühenden Kokses rd. 400 kg hochgespannten Dampfes gewonnen.

Das neue Verfahren hat daher in einer ganzen Reihe von Gaswerken und auch in der Kokereiindustrie Eingang gefunden. Zu nennen wären u. a. die Anlagen im Gaswerk Mannheim, Gaswerk Lörrach, Gaswerk Rotterdam, erster und zweiter Ausbau, Gaswerk Utrecht, dann die Anlage der Kokerei der Stahlwerke Homécourt und des Hochofenwerkes Witkowitz O.-S.

Die zweite Anlage für trockene Kokskühlung auf dem Gaswerk Keilerhafen der Stadt Rotterdam ist an die bestehenden Kokslösch- und Sortieranlagen, und zwar an den bestehenden Lösch- und Aufzugturm aus Eisenbeton angebaut. Zur Bedienung der Anlage wird der gleiche Aufzug benutzt, der zum Bedienen der Koksscheidung nach erfolgtem nassen Ablöschen diente. Der gelöschte Koks wird also in das gleiche Fördergefäß entleert, das den Koks von den Öfen heranbringt und früher unmittelbar nach dem nassen Löschen auf die Scheideanlage weiter förderte. In der Kesselanlage sind an Stelle der Steilrohrkessel Rauchrohrkessel eingebaut.

Bei der trockenen Kokskühlung fällt die starke und unangenehme Dampfentwicklung fort und damit auch die erheblichen Unterhaltungskosten der nassen Löschanlage, da der beim Löschen entstehende Wasserdampf infolge chemischer und mechanischer Verunreinigungen für die Abzugschächte, die Eisenkonstruktion usw. sehr schädlich ist. Die Verwendung des trockenen statt des nassen Kokses ist bekanntlich auch für den Verbrennungsvorgang wirtschaftlicher. (Monats-Bulletin des Schweizer. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, Bd. 4 (1924) S. 346.) [N 418] Gw.

[1]) Vergl. Z. Bd. 65 (1921) S. 847

Gasfernleitung.

Von Rich. F. Starke, Essen.

Die Gasfernleitung im Dienste der öffentlichen Gasversorgung als Mittel zur wirtschaftlichen Ausgestaltung der Entgasung unserer Brennstoffe. Gaserzeugung, dargestellt am Beispiel eines Stadtgases von 4200 kcal und eines (zukünftigen) Stadtgases von 3200 kcal. Heizwerte der Mischgase, Gaserzeugungskosten. Gasfernleitung: Allgemeines, Bau und Betrieb der Leitung Durchrechnung eines Beispiels, Wirtschaftlichkeit.

Die öffentliche Gasversorgung hat sich in einem Zeitraum von mehr als 100 Jahren entwickelt. Dabei gab die frühere Verwendungsart des Steinkohlengases — als Leuchtgas — den Namen für das „Stadtgas". Dieses Gebiet ging dann, infolge des Aufkommens der Elektrizität, in der Hauptsache verloren, sie gewann aber durch die Einführung der jetzt unentbehrlich gewordenen Gasküche und des Gasbadeofens und dehnt sich augenblicklich auf dem Gebiete der Belieferung der Industrie und der Raumheizung aus. Oft totgesagt und der Daseinsberechtigung verlustig erklärt, selbst in Ingenieurkreisen oft nicht gerade bevorzugt, entwickelte sich trotzdem die Gasversorgung seit dem letzten Viertel des 19. Jahrhunderts stetig weiter und nahm bis zum Umsturz 1918 sehr erheblich zu; sie erlitt dann durch die allgemeinen Verhältnisse einen Rückschlag, der aber zum größten Teil schon überwunden ist, Abb. 1 (S. 541). Der Verbrauch auf den Einwohner und das Jahr betrug 1912/13 rd. 75 m³ in Deutschland, zur selben Zeit in England 200 bis 300 m³, wodurch schon gezeigt ist, welche Entwicklungsmöglichkeiten der Gasversorgung im Deutschen Reich noch bestehen.

Öffentliche Gasversorgungen liefern den Verbrauchern Steinkohlengas, oft auch mit Zusätzen von Wasser- oder Generatorgas. Zur Erzeugung dienen Gaswerke oder Kokereien, denn beide arbeiten mit der trocknen Destillation der Steinkohlen. Sie verwenden dazu höhere Temperaturen und liefern als Erzeugnisse: Gas und Koks sowie im Arbeitsvorgang der unbedingt notwendigen Reinigung des Rohgases: Teer und Ammoniak sowie gegebenenfalls je nach der Verwertungsmöglichkeit auch Benzol. Die Befreiung des Gases von Schwefelwasserstoff ist Bedingung; die Entfernung von Zyan und Naphthalin wird oft ausgeführt, wenn die Anwendung solcher Verfahren erwünscht ist oder eine Verdienstmöglichkeit besteht. Verwenden die Kokereien zur Heizung der Koksöfen, ebenso wie dies in Gaswerken geschieht, Generatorgas (meist aus Koks erzeugt), so entfällt jeder wesentliche Unterschied zwischen dem Gaswerk und der Kokerei bezüglich des Betriebes und meist auch hinsichtlich der Menge der Erzeugnisse. Die Großkammeröfen der Kokereien, besonders wenn sie unter Verwendung von Silikasteinen hergestellt sind und nicht zu nasse Kohle erhalten, ermöglichen durch größere Kammerräume und kürzere Garungszeiten größeren Kohlendurchsatz. Nach den nordamerikanischen Beispielen können Zentralkokereien von 2000 bis 4000 t Tagesdurchsatz errichtet werden, die nur 100 bis 200 Öfen enthalten. Wird die im Gaswerkbetrieb schon durchgebildete trockne Kokskühlung angewendet, werden die Ofenfüllgase durch Spülgase in den Schornstein gespült und werden bereits durchgebildete Abwasser-Klär- und Reinigungsverfahren benutzt, so können solche Groß-Kohlendestillationsanlagen, auch wenn sie außerhalb des eigentlichen Kohlenbezirks errichtet werden sollen, der Nachbarschaft nicht unbequemer werden als jede andre Industrie, die Großschornsteine und Kühltürme verwendet und mit Abwässern belastet ist. Solche Großerzeugungsanlagen würden aber die Grundlage einer Belieferung öffentlicher Gasversorgungen im größeren Maßstabe mit Hilfe der Gasfernleitung bedeuten.

Die Festsetzung des zu erzeugenden Heizwertes des Stadtgases, das jetzt nur ein Mischgas sein kann, gibt die Grundlage der Gaserzeugung. Das ganze internationale Gasfach beschäftigt sich aus den Nöten des Krieges heraus mit der Herabsetzung des Gasheizwertes. Es besteht das Bestreben, die Heizwerte zu ermäßigen mit Rücksicht auf die Mängel der Kohlenversorgung und Erleichterung der Gaserzeugung. Am weitesten ist man anscheinend in England gegangen, wo teilweise Heizwerte bis 3000 und 3500 kcal oberer[1]) Heizwert, bezogen auf 0 °C und 760 mm Q.-S. eingeführt worden sind. Soweit sind wir hierzulande noch nicht. Für die weiter zurückliegende Vergangenheit konnte mit einem Heizwert von 5500 kcal (oberer Heizwert bezogen auf 0 °C und 760 mm Q.-S.) gerechnet werden; vor dem Kriege nahmen Großgaswerke 5200 kcal (wie oben) als Norm an; der Krieg brachte den allgemeinen Zusammenbruch aller Heizwertvorschriften, und erst vor kurzem wählten die zuständigen Stellen des deutschen Gasfaches als Heizwertnorm 4200 kcal (wie oben). Damit ermöglichte man auch, den Rahmen der Kohlenversorgung der Gaswerke weiter zu spannen, weil neben hochwertigen Gaskohlen auch Kokskohlen verwendet werden konnten. Bezieht man die Gasausbeute in kcal für 1 kg Kohle auf diese Kohlensorten, so ist zu rechnen: für Gaskohlen mit rd. 1650 bis 1760 kcal/kg, im Mittel 1705 kcal/kg, und für Kokskohlen mit 1500 bis 1600, im Mittel 1550 kcal/kg; nimmt man das Mittel von Gas- und Kokskohlen, so erhält man 1628 kcal/kg; will man also vorsichtig rechnen, so wäre diese Zahl als Grundlage zu nehmen.

Gaserzeugung.

Es sollen zwei Fälle der Gaserzeugung betrachtet werden: Lieferung eines Stadtgases von 4200 kcal (oberer Heizwert bezogen auf 0 °C und 760 mm Q.-S.) und, als eine etwaige Aufgabe zukünftiger Gaserzeugung, die Lieferung eines Stadtgases von rd. 3200 kcal (wie oben). Zu diesem Zweck soll ein Steinkohlengas, das in Großraumöfen (im nassen Betrieb) erzeugt wurde, mit Wassergas oder mit Generatorgas gemischt werden, die aus den bei der trockenen Destillation der Steinkohle entstehenden Koks erzeugt werden. Nicht in allen Fällen wird für diesen Zweck die gesamte Koksmenge zu vergasen sein. Da aber die Gasversorgung den Nachdruck auf die Gaserzeugung legen muß, zwecks Verminderung des Kohlenverbrauches, so ist der Überschuß an Koks als Ballast zu betrachten. Zwar ist auch die Kupplung der Gas- und Elektrizitätserzeugung möglich, indem man den Koksüberschuß zur Kesselfeuerung des Elektrizitätswerkes verwendet, also Generatorgas auch aus dem Rest der Koks herstellt, aber es ist doch nicht von der Hand zu weisen, daß eine restlose Vergasung der Steinkohle, wobei nur gasförmige und flüssige Erzeugnisse erhalten werden, die Gaserzeugung unabhängig gestalten würde und der geringste Steinkohlenverbrauch für die Gaserzeugung möglich wäre.

Zu beachten ist, daß bei diesem Herstellverfahren für die Eigenheizung der Kohlendestillation, die rd. 10 vH vom Kohlenheizwert verbraucht, der erforderliche Brennstoff besonders zu vergasen ist, wenn man das erzeugte Mischgas nicht dafür verwenden will.

Zahlentafel 1 gibt die Zusammensetzung, Heizwerte und spezifischen Gewichte der Typengase: Steinkohlengas, Wassergas, Generatorgas und der vorstehend behandelten vier Mischgase, wodurch auch die **Ersparnis an Steinkohlen** für die Gaserzeugung im einzelnen nachgewiesen wird.

Abgesehen vom Steinkohlenverbrauch für die Gaserzeugung ist zu untersuchen, **welchen Wert die erzeugten Gase bei ihrer Verwendung haben**. Dafür ist die Ermittlung der theoretischen Verbrennungstemperaturen maßgebend, die einen Anhalt für den Verwendungswert der Gase geben, der sich außerdem nach den unteren Heizwerten richtet, weil eine Verbrennung zu flüssigem Wasser bei den meist in Aussicht ste-

[1]) Im Gasfach ist es üblich, den **oberen** Heizwert zu nennen, wohl auch mit Rücksicht auf die Verwendung des selbstaufschreibenden Junkersschen Kalorimeters, das den oberen Heizwert angibt.

Zahlentafel 1. Technische Gase für die Verwendung als Stadtgas (Zusammensetzung, Heizwerte, spezifische Gewichte und Wirkungsgrade der Erzeugung).

	Typengase			Mischgase			
	Steinkohlengas	Wassergas (Koks)	Generatorgas (Koks)	oberer bei Heizwert 0° und 760 mm Q.-S. 4200 kcal		3200 kcal	
	1	2	3	4	5	6	7
Mischgas, bestehend aus:							
Steinkohlengas . . . . . vH	—	—	—	76,14	87,25	23,86	59,31
Wassergas . . . . „	—	—	—	23,86	—	76,14	—
Generatorgas . . . . . „	—	—	—	—	12,75	—	40,69
Zusammensetzung:							
CO_2 . . . . vH	2,0	4,6	3,65	2,6	2,2	4,0	2,7
O_2 . . . . „	—	—	0,20	—	—	—	—
$C_n H_m$ . . . . „	2,4	—	—	1,8	2,1	0,6	1,4
CO . . . . „	13,0	39,7	29,12	19,4	15,1	33,3	19,6
CH_4 . . . . „	24,8	0,5	0,20	19,0	21,7	6,3	14,8
H_2 . . . . „	50,0	50,8	9,88	50,2	44,9	50,6	33,7
N_2 . . . . „	7,8	4,4	56,95	7,0	14,0	5,2	27,8
Heizwert, bezog. auf 1 m³ (0/760):							
oberer . . . . kcal	4639	2800	1204	4200	4200	3239	3239
unterer . . . . „	4137	2579	1155	3765	3757	2950	2923
Spezifisches Gewicht (Luft = 1) s	0,43	0,53	0,90	0,46	0,49	0,51	0,62
Wirkungsgrad d. Gaserzeugung[1]) $\frac{\text{Gas-Wärmeeinheiten} \times 100}{\text{Kohle-Wärmeeinheiten}}$ vH	23,26	48,25	56,86	27,66	24,14	(Restlose Vergasung) 68,06	27,39

[1]) Für die Spalten 1, 4, 5, 6, 7, bezogen auf 1 kg trockene Rohkohle = 7000 kcal, und für die Spalten 2, 3, bezogen auf 1 kg Koks = 6500 kcal

henden Verwendungszwecken nicht in Betracht kommen wird. Für diesen Vergleich wird mit 20 vH Luftüberschuß über dem theoretischen Luftbedarf, einer Gastemperatur von 20 °C (volle Sättigung mit Wasserdampf, mit Rücksicht auf den Durchfluß durch nasse Gasmesser angenommen), einer Lufttemperatur von 20 °C (60 vH Sättigung mit Wasserdampf angenommen), dem untern Heizwert und den mittleren spezifischen Wärmen bei gleichbleibendem Druck, bezogen auf 1 m³ Gas, nach B. Neumann, als Grundlage gerechnet. Da das Flammenvolumen, gegeben durch die Abgasmenge, von Belang ist, so wird auch dieser Vergleich gezogen. Zahlentafel 2 (S. 540) gibt die Zusammenfassung.

Als letzter Vergleich der einzelnen Gase verbleiben die Gaserzeugungskosten. Da alle vier Mischgase, die zum Vergleich stehen, die Kohlendestillation als gemeinsame Grundlage haben, so sollen zunächst die Selbstkosten des Steinkohlengases von 4639 kcal/m³ (oberer Heizwert, bezogen auf 0° und 760 mm Q.-S.) festgestellt werden. Für eine neuzeitliche Großkokerei kommt eine Leistungsfähigkeit von 2000 bis 4000 t (trockner) Kohlen Tagesdurchsatz in Betracht, also eine Ofenanlage, bestehend aus 100 bis 200 Öfen. Nachstehend wird eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für eine Zentralkokerei (Ruhr) von 4000 t trockner Kohle täglichen Durchsatzes gegeben.

Größte tägliche Abgabe: 4000 t × 351 m³ (4639 kcal, ob. 0/760 = 1,404 Mill. m³ Steinkohlengas in 24 h.

Jährliche Abgabe: 250 × größter täglicher Abgabe = 351 Mill. m³ Steinkohlengas.

Beheizung: Vereinigte Steinkohlengas- und Generatorgasheizung (Königsberger System).

Jährliche Gaserzeugung: 1,404 × 365 = 512,46 Mill. m³.

I. Ausgaben:

1. Steinkohlen (trocken) . . . . 4000 · 365 = 1 460 000 t zu 17,00 *M* = 24 820 000 *M*
2. Unterfeuerung (Kleinkoks) . . . . 80 625 t „ 13,00 „ = 1 048 125 „
3. Kalk . . . . 1 610 t „ 21,00 „ = 33 810 „
4. Schwefelsäure . . . . 15 960 t „ 34,50 „ = 550 620 „
5. Frisches Waschöl . . . . 1 575 t „ 130,00 „ = 204 750 „
6. Dampf: 288 750 t } durch trockene Kokskühlung gedeckt.
7. Kraft: 20 000 000 kWh }

Anmerkung: Durch die trockene Kokskühlung werden gewonnen:
1 022 000 t (Koks) × 0,4 = 408 800 t Dampf im Jahr
Hiervon ab: 288 750 t Dampf für die Kokerei

$$\text{Rest: } 120\,050 \text{ t Dampf} \times \frac{1000}{5{,}5} = 21\,609\,000 \text{ kWh im Jahr,}$$

Hiervon ab: 20 000 000 kWh für die Kokerei.

8. Wasser: 3 440 000 m³ zu 0,15 *M* . . . . = 516 000 *M*
9. Bedienung: 219 000 Schichten zu 7,00 *M* . . . . = 1 533 000 „
10. Verwaltung: 25 vH der Bedienungskosten . . . . = 383 250 „
11. Unterhaltung: 1,5 *M* für 1 t Kohlen . . . . = 2 190 000 „
12. Verschiedenes . . . . 195 445 „

Summe der Betriebsausgaben: 31 475 000 *M*

13. 6,35 vH Steuern vom Bauwert der Anlagen . . . . 45 000 000 *M*
Grundstück 5 000 000 „
50 000 000 *M* = 3 175 000 *M*
14. 10 vH Zinsen vom Betriebskapital 7 Mill. *M* . . . . = 700 000 „
15. 10 vH Abschreibungen von 45 Mill. *M* . . . . = 4 500 000 „
16. 10 vH Zinsen von 50 Mill. *M* . . . . = 5 000 000 „

Summe der Gesamtausgaben: 44 850 000 *M*

II. Einnahmen:

1. Koks: 70 vH trockner Koks	1 022 000 t zu 24,00 ℳ =	24 528 000 ℳ
2. Teer: 3,5 vH	51 100 t „ 55,00 „ =	2 810 500 „
3. Ammoniak: 1,1 vH Sulfat	16 060 t „ 180,00 „ =	2 890 800 „
4. Benzol: 0,6 vH	8 760 t „ 275,00 „ =	2 409 000 „
5. Abgestoßenes Waschöl	315 t „ 55,00 „ =	17 325 „
Summe der Einnahmen aus Koks und Nebenerzeugnissen:		32 655 625 ℳ

6. Durch Gas zu decken: . . . . 44 850 000 ℳ Ausgaben
32 655 625 „ Einnahmen

351 Mill. m^3/Jahr = 12 194 375 ℳ;

für 1 m^3 { 4639 kcal, (ob., 0/760); 4137 kcal, (unt., 0/760) } = 3,4742 ₰/m^3 als Erzeugerpreis

oder für 1000 kcal (unt., 0/760) = 0,8398 ₰.

Die Selbstkosten des Wassergases und Generatorgases werden nachstehend für 1000 m^3 angegeben:

		Wassergas ℳ	Generatorgas ℳ
1. Koks: 0,625 t	zu 24,00 ℳ	15,00	—
0,2273 t	„ 24,00 „	—	5,46
2. Dampf: 0,15 t Kohle	„ 20,50 „	3,08	—
3. Wasser: 9 m^3	„ 0,15 „	1,35	
8 m^3	„ 0,15 „	—	1,20
4. Kraft: 6 kWh	„ 0,15 „	0,90	0,90
5. Bedienung: 0,4 Schichten	„ 7,00 „	2,80	—
0,3 „	„ 7,00 „	—	2,10
6. Verwaltung: 25 vH der Bedienungskosten		0,70	0,52
7. Unterhaltung		0,63	0,63
8. Verschiedenes		0,14	0,14
		24,60	10,95
9. Steuern		0,30	0,07
10. 10 vH Abschreibungen vom Anlagewert		0,47	0,11
11. 10 vH Zinsen vom Anlagewert		0,47	0,11
für 1000 m^3		25,84	11,24
für 1 m^3		2,584 ₰	1,124 ₰
für 1000 kcal (unt. 0/760)		1,0019 „	0,9732 „

Mit diesen Selbstkosten ist es möglich, den Vergleich der Mischgase zu geben, vergl. Zahlentafel 3.

Vergleich.

a) Mischgase von 4200 kcal (ob. 0/760) ergeben wohl etwas höhere Erzeugungskosten für 1000 kcal, sind dem Steinkohlengas hinsichtlich der Verbrennungstemperatur gleichwertig, fordern jedoch durch geringeres Flammenvolumen leicht ausführbare Änderungen in den Verbrauchsanlagen, weiter fordern sie eine Druckerhöhung im Netz von rd. 30 bis 40 vH, welche die Gasbehälter kostenlos liefern; für die Kohlenwirtschaft ist die Ersparnis an Kohlen nur gering, und es kommt dafür nur die Erzeugung von Wassergas-Mischgas in Betracht. Die Frage Wassergas- oder Generatorgaszusatz kann so beantwortet werden, daß der Erzeuger Generatorgaszusatz vorziehen müßte, dem Verbraucher kann die Wahl gleichgültig sein, da er in beiden Fällen vollwertig beliefert wird. Die Kohlenwirtschaft müßte aber Wassergaszusatz wünschen. Diese Mischgaserzeugung kann ja auch nur dadurch ihre Berechtigung herleiten.

Zahlentafel 3. Erzeugungskosten technischer Gase für Verwendung als Stadtgas.

	Typengase			Mischgase			
	Steinkohlengas	Wassergas (Koks)	Generatorgas (Koks)	4200 kcal (ob., 0/760)		3200 kcal (ob., 0/760)	
	1	3	3	4	5	6	7
Mischgas, bestehend aus Steinkohlengas . . vH	—	—	—	76,14	87,25	23,86	59,31
Wassergas „	—	—	—	23,86	—	76,14	—
Generatorgas vH	—	—	—	—	12,75	—	40,69
Erzeugungskosten für 1 m^3 ₰	3,4742	2,584	1,124			restlose Vergasung	
Anteilige Kosten.							
Mischgase: 4200 kcal (ob., 0/760) Wassergas, zuzügl. Steinkohlengas .	2,6453	0,6165	—	3,2618	—	—	—
Generatorgas, zuzügl. Steinkohlengas .	3,0312	—	0,1433	—	3,1745	—	—
3200 kcal (ob., 0/760) Wassergas, zuzügl. Steinkohlengas .	0,8289	1,9675	—	—	—	2,7964	—
Generatorgas, zuzügl. Steinkohlengas .	2,0605	—	0,4574	—	—	—	2,5179
für 1000 kcal (unt. 0/760)	0,8398	1,0019	0,9732	0,8663	0,8450	0,9479	0,8614

b) Mischgase von 3200 kcal (ob., 0/760) sind eigentlich nur vom Standpunkt der Kohlenwirtschaft zu beurteilen. Der Generatorgaszusatz ist für den Verbraucher ungünstiger, für den Erzeuger günstiger. Die restlose Vergasung (Wassergaszusatz) bietet aber eine erhebliche Kohlenersparnis, so daß nur diese ein Gas von 3200 kcal recht-

Zahlentafel 2. Verbrennung der Gase, bezogen auf 1 m^3 (Gas und Luft kalt),

		Steinkohlengas	Mischgase (Steinkohlengas mit Wasser- oder Generatorgas)			
			4200 kcal (ob. 0/760)		3200 kcal (ob. 0/760)	
			rd. 24 vH Wassergas	rd. 13 vH Generatorgas	rd. 76 vH Wassergas	rd. 40 vH Generatorgas
Sauerstoffbedarf	Vol.	88,3	78,2	79,7	56,35	60,45
Luftbedarf, theoretischer	„	421,51	373,362	380,469	269,209	283,613
(+ 20 vH Überschuß) praktisch	m^3	5	4,5	4,6	3,23	3,46
Abgase der Verbrennung:						
Kohlensäure	„	0,446	0,446	0,432	0,448	0,399
Permanente Gase	„	4,253	3,768	3,909	2,719	3,137
Wasserdampf	„	1,130	0,995	1,005	0,707	0,717
Theoretische Verbrennungstemperatur	°C	1730	1720	1720	1814	1691
Unterer Heizwert (0/760)	kcal	4137	3765	3757	2950	2923

fertigen könnte. In beiden Fällen müssen aber die vorhandenen Niederdrucknetze unter höhern Druck gesetzt werden, der über den Gasbehälterdrücken liegen wird, so daß man zu einer Art Mitteldruckversorgung käme von 150 bis 175 mm W.-S. Druck an Gasbehälterstelle, was wieder mit einer Änderung der Verbrauchsgegenstände verknüpft wäre. Diese Druckerhöhung verursacht aber den Erzeugern dauernde Kosten, die Änderung an den Verbrauchsgeräten den Verbrauchern einmalige Auslagen.

Die Frage Wassergas- oder Generatorgaszusatz ist hier so zu beantworten, daß auch hier der Erzeuger Generatorgaszusatz vorziehen müßte, der Verbraucher hätte durch Wassergaszusatz einen Vorteil, die Kohlenwirtschaft müßte aber hier besonders den Wassergaszusatz wünschen bzw. nur aus diesem Grunde für die Einführung eines Gases von 3200 kcal eintreten.

Gasfernleitung.

Bis jetzt ist die Wettbewerbfähigkeit der Mischgaserzeugung nur ab Gasbehälterstelle betrachtet worden. Zentrale Großerzeugungsanlagen fordern aber bei der großen Gaserzeugung auch einen größeren Versorgungskreis. Nach Abb. 1 ist die Gaserzeugung der deutschen Gaswerke mit rd. 3200 Mill. m³ im Jahr zu bewerten, es würden demnach acht Zentralkokereien von je 4000 t (trocken) Kohlendurchsatzes täglich bei Armgasheizung bereits an Destillationsgas von 4639 kcal (ob., 0/760) Heizwert so viel liefern können, um den Bedarf sämtlicher öffentlichen deutschen Gasversorgungen zu decken.

I. Allgemeines.

An andrer Stelle[1]) ist bereits vor kurzem die Frage der Gasfernleitung über längere Strecken eingehend behandelt worden, so daß darauf Bezug genommen werden kann. Es erscheint nicht so abwegig, der Frage der Gasfernleitung über größere Strecken mehr Beachtung zu schenken. Dabei soll zunächst die Wirtschaftlichkeit untersucht werden; denn die Technik der Gasfernleitung besteht nur im Bau und Betriebe großer Kompressoren und Leitungen. Kompressoren sind aber für die entsprechenden Leistungen und Drücke durchgebildet und erprobt worden, während für die Leitungen des Hochdruckgebietes durch die Naturgasversorgungen, besonders in Nordamerika, erprobte Ausführungen nachgewiesen sind. Neuerdings bietet auch die Technik der autogenen und elektrischen Rohrschweißung für die Dichtung der Rohrstöße im Rohrgraben noch mehr Sicherheit für die Ausführung und für die Verminderung des wirklichen Leitungsverlustes — durch Ausströmen — an undichten Rohrstellen. Schwierigkeiten in technischer Hinsicht sind demnach nicht zu erwarten, wenn sach- und fachgemäß gearbeitet wird.

Mehr Schwierigkeiten bot lange Zeit das Verfahren zur Berechnung langer Rohrleitungen. Erfahrungsformeln mußten dafür die Grundlage geben, weil bekanntlich dieses in letzter Zeit von Physikern und Ingenieuren stärker bearbeitete Gebiet der vollständigen Klärung Schwierigkeiten entgegensetzte. Als Rechnungsgrundlage wird jetzt im deutschen Gasfach die Ledouxsche Formel verwendet, welche die mechanische Wärmetheorie zur Grundlage hat. Sie lautet:

$$\frac{p_a^2 - p_e^2}{2 p_a} = \lambda \frac{l}{d} \frac{p_a}{R T} \frac{w_a^2}{2 g} \text{ für die Anfangsmenge} \quad (1a),$$

$$\frac{p_a^2 - p_e^2}{2 p_e} = \lambda \frac{l}{d} \frac{p_e}{R T} \frac{w_e^2}{2 g} \text{ für die Endmenge} \quad (1b)$$

oder daraus:

$$Q = c \sqrt[2]{\frac{d^5 (p_a^2 - p_e^2)}{s\, l}} \quad (2),$$

$$d = \sqrt{\frac{Q^2 s\, l}{c^2 (p_a^2 - p_e^2)}} \quad (3),$$

$$c = \frac{\pi}{4} \sqrt[2]{\frac{R_l\, g}{\lambda\, T} \frac{T_0}{p_0}} \quad (4a).$$

[1]) Vergl. Starke Großgasversorgung, Leipzig 1924. Otto Spamer.

Für $T = 273 + 12 = 285$ ° abs ist:

$$c = 0{,}7874 \frac{1}{\sqrt[2]{\lambda}} \frac{T_0}{p_0} \quad (4b)$$

und weiter für $T_0 = 273$ ° abs und $p_0 = 1{,}0333$ at abs ist:

$$c = \frac{208}{\sqrt[2]{\lambda}} \quad (4c).$$

Dabei bedeuten: Q in m³/s die Fördermenge, T_0 und p_0 die Bezugsgrößen (meist $T_0 = 273$ °, $p_0 = 1{,}0333$ at abs), l in m die Leitungslänge, d in m den Leitungsdurchmesser, p_a in at abs den Anfangsdruck, p_e in at abs den Enddruck, T ° abs die mittlere Jahresleitungstemperatur (meist $t = 12$ °C), R die Gaskonstante des zu fördernden Gases $\left(R = \frac{R_l}{s} = \frac{29{,}27}{s}\right)$, s das spezifische Gewicht für Luft = 1, $g = 9{,}81$ m s^{-2} die Schwere, $\gamma = \frac{p}{R_l\, T} s$ in kg/m³ die Dichte, λ die Widerstandzahl für die Gasströmung in der Rohrleitung. Die Widerstandzahl ist die einzige noch umstrittene Größe. Für Naturgasleitungen wird nach Weymouth mit $\lambda = \frac{0{,}0084}{\sqrt[3]{d}}$ gerechnet, eine Potenzformel, die durch neuere Versuche von Fromm[2]) mit rauhen Flächen angenähert bestätigt worden ist, wobei er sich auch

[2]) Vergl. Fromm, Z. f. ang. Math. u. Mech. Bd. 3 (1923) S. 353, 357

Abb. 1. Gaserzeugung der deutschen Gaswerke.

auf frühere Arbeiten von v. Mises[1]) stützt. Nach der Weymouthschen Formel erhält man folgende Werte für λ und c:

lichte Dmr. mm	λ	c	lichte Dmr. mm	λ	c
200	0,01444	1730,7	400	0,01146	1942,4
250	0,01341	1796,5	450	0,01102	1982,0
300	0,01262	1852,5	500	0,01064	2015,8
350	0,01199	1900,7	600	0,01002	2079,4

Für die Verdichtung der Gase ist es von Wert, zunächst den „Exponenten der adiabatischen Zustandsänderung" $\varkappa$, den Quotienten aus den spezifischen Wärmen c_p bei unverändertem Druck und der spezifischen Wärme c_v bei unverändertem Rauminhalt, für die verschiedenen Gase anzugeben, wie sie dem Vergleich der Erzeugungskosten zugrunde gelegt worden sind.

Es kann mit $\varkappa = 1,37$ für diese Gase gerechnet werden; denn die schon erwähnten eingehenden Berechnungen von Gasfernleitungen haben ergeben, daß selbst in den Grenzen $\varkappa = 1,31$ bis 1,4 der theoretische Leistungsbedarf für die Verdichtung nur in engen Grenzen schwankt. Diese Rechnungen haben aber auch ergeben, wenn man von 5 bis 25 at abs zweistufige Verdichtung annimmt, daß bei 300 km Leitungslänge von 5000 m³/h bis 200 000 m³/h Fördermenge mit 20 bis 25 at abs Druck für den wirtschaftlichsten Förderfall auszukommen ist, also Drücken, die Naturgasdrücken gleich sind. Längere Förderstrecken würden höhere Drücke und damit von 30 at abs. ab dreistufige Verdichtung erfordern.

Da für die höheren Drücke mit 12 500 m³/h als Gruppenleistung gerechnet wird, so ist von da ab der volle Leistungsbedarf in PS_e und kW für die Kompression und auch der Leistungsbedarf für die Antriebmaschine des Kompressors je 1000 m³/h für die einzelnen Drücke gleichbleibend, vergl. Zahlentafel 4.

Zahlentafel 4. Voller Leistungsbedarf des Kompressors und der Antriebmaschine von 25 000 bis 200 000 m³/h Ansaugeleistung (0°/760 mm).

	Kolbenkompressor: je 1000 m³/h PS_e	Kolbenkompressor: je 1000 m³/h kW	Elektromotor (einschl. neuzeitlichem Zahnrädervorgelege) je 1000 m³/h kW
Zweistufige Verdichtung:			
15 at abs	156,0	114,810	130,210
20 „ „	172,0	126,664	144,760
25 „ „	185,6	136,584	156,096
Dreistufige Verdichtung:			
30 at abs	200,56	147,600	168,688
40 „ „	214,96	158,184	180,784
50 „ „	227,60	167,440	191,360

II. Bau und Betrieb der Leitung.

Das zweite Hauptgebiet der Gasfernleitung ist der Leitungsbau und -betrieb. Für Gasfernleitungen der hier behandelten Ausmaße und Drücke kommen nur Stahlrohre in Betracht, die bei Rohrdurchmessern bis 300 und 400 mm nahtlos gewalzt, ab 400 mm l. W. mit Wassergas geschweißt werden. Gußrohre kommen für die hohen Drücke der Bruchgefahr wegen nicht in Frage, obwohl bei sicherm Baugrund und niedrigen Drücken gerade Gußrohre neuerdings wieder stärker in Wettbewerb kommen können, weil durch eine im Vorjahr in Nordamerika aufgenommene Technik auch der glatte Gußrohrstoß auf der Baustelle unter Zuhilfenahme eines Bronzeringes mit der autogenen Schweißflamme zusammengeschweißt, besser gesagt zusammengelötet werden kann. Für die Berechnung der Wanddicken der Hochdruckleitungen gelten die Grundlagen der Dampfkesselberechnungen. Nach Fahlkamp gelten bei Rohren für das Verhältnis $\xi = \frac{s}{D_i}$ mit s als Wanddicke in cm und D_i als lichtem Rohrdurchmesser in cm, bei k_z als zulässiger Zugspannung des Stoffes = 800 kg/cm² für das harte Material (nahtlose Rohre) und 600 für das weiche Material (mit Wassergas geschweißte Rohre) und p_i in kg/cm² als innerem Überdruck die Werte nach Zahlentafel 5.

Zahlentafel 5. $\xi = \frac{s}{D_i}$ (s und D_i in cm).

p_i kg/cm²	k_z kg/cm² 600	k_z kg/cm² 800
20	0,0146	0,0109
25	0,0184	0,0137
30	0,0223	0,0165
40	0,0301	0,0223
50	0,0383	0,0281

Für die Rohrverbindungen auf der Baustelle wird mit einer Schweißverbindung gerechnet[2]), die eine Innen- und Außenhülse besitzt, deshalb gegen alle im Rohrleitungsbetrieb von Erdleitungen auftretenden Zug-, Druck- und Biegungsbeanspruchungen Sicherheit bietet.

Ein nicht zu vernachlässigender Umstand beim Betrieb von Gasfernleitungen ist der rechnerische Leitungsverlust, der den Unterschied der Ablesungen der Gasmesser auf der Gaserzeugungs- und Gaslieferstelle — dem Anfang und Ende der Fernleitung — ergibt. Diese Ablesungen sind abhängig: von den Eichlizenzen der Messer, die bis ± 2 vH betragen, wodurch schon Unterschiede von rd. 2,5 vH auftreten können; von den Temperaturunterschieden und den damit verbundenen verschiedenen Sättigungen mit Wasser; den Unterschieden des Barometerstandes und denjenigen der Gasbehälterdrücke, also den Meßdrücken in mm W.-S. Nach den Mariotteschen und Gay-Lussacschen Gesetzen kann man diesen Verlust, der als fester Verlust in Rechnung zu stellen ist, etwa bewerten mit:

$$V_{\text{Lief}} = \frac{(b+p-\tau)_{\text{Erz}}}{(b+p-\tau)_{\text{Lief}}} \times \frac{(273+t)_{\text{Lief}}}{(273+t)_{\text{Erz}}} V_{\text{Erz}}$$

$$= \frac{760+11-17{,}53}{760+29{,}23-10{,}52} \times \frac{273+12}{273+20} V_{\text{Erz}}$$

$$= 0{,}941\, V_{\text{Erz}} \quad \ldots\ldots \quad (5).$$

Danach besteht ohne die Eichlizenz bereits ein Verlust von 5,9 vH; fügt man 2,5 vH Eichlizenz hinzu, so kann mit rd. 8,4 vH festem Verlust gerechnet werden, der unabhängig ist von Leitungslänge und Druck. Der wirkliche Verlust kann nur geschätzt werden. Da hier die Ausströmung durch undichte Stellen in Betracht kommt, so ist eine Ausströmung durch sich nicht erweiternde Düsen anzunehmen, die verhältnisgleich dem Druckverhältnis bei den hohen Leitungsdrücken zu setzen ist. Der Hundertsatz richtet sich nach der Durchflußmenge und Streckenlänge; man kann dafür schätzungsweise die Werte nach Zahlentafel 6 setzen.

Zahlentafel 6. Wirklicher Verlust.

Kompressordruck	Für 1 km h m³	Für 300 km Mill. m³/Jahr	Für 400 km Mill. m³/Jahr	Für 500 km Mill. m³/Jahr	Für 600 km Mill. m³/Jahr
20	2,3	6,0	8,0	10,0	12,0
30	3,3	8,7	11,6	14,5	17,4
40	4,4	11,6	15,5	19,3	23,2
50	5,5	14,5	19,3	24,2	29,0

Eingehende Rechnungen haben ergeben, daß man in der Wahl des Durchmessers nicht so gebunden ist, man kann sich an praktisch brauchbare Rohrdurchmesser — bis 500 mm l. W. — halten und einen höhern Druck in Kauf nehmen, denn die geringen Unterschiede in den Förderkosten gestatten es. Für 200 000 m³/h zeigt Abb. 2 den Charakter der Kurven der Förderkosten.

[1]) Vergl. v. Mises, Elemente d. techn. Hydromechanik, Leipzig 1914, S. 63.

[2]) D. R. P. 342 617

Abb. 2. Förderung von Stadtgas (400 kcal/m³ unterer Heizwert, bezogen auf 0 °C und 760 mm Q.-S.). Anfangsdruck und Förderkosten bei Fernleitung von 200 000 m³/h auf 10 bis 200 km Länge und Anfangsdrücken von 0 bis 50 at abs.

genommen werden. Da die Braunkohlenschwelung sich aber heute noch nicht zur Verfügung stellen kann, so wird mit den Steinkohlenrevieren als Grundlage gerechnet, und es soll untersucht werden, ob die Vergrößerung des Halbmessers bis 500 km Ergebnisse liefert, die wettbewerbfähig sind gegenüber der eigenen Erzeugung der Gaswerke.

Für die einzelnen Fälle sollen jetzt die Förderkosten gegeben werden. Gemeinsam ist die folgende Zusammenstellung:

	Kosten in vH vom Bauwert für Kompressoren	Kosten in vH vom Bauwert für Leitungen
Zinsen	8	8
Abschreibungen	10	3
Unterhaltung .	2,5	—
Verwaltung . .	1	1
Steuern	3	3
zusammen	24,5	15

Jährlich werden für die Bedienung der Kompressoren 50 000 ℳ, für die Wartung der Kompressoren 10 000 ℳ, für die Wartung der Leitung 300 ℳ auf 1 km und Jahr angesetzt; für Kraft werden 4 ₰/kWh (Selbsterzeugung) gerechnet; jedes Kilometer der Leitung von 500 mm Dmr., einschl. Fernsprechanlage wird mit 77 000 ℳ bewertet.

Die Kompressordrücke in at abs für die Förderung des Heizwertäquivalents des Steinkohlengases bei einer Leitung von 500 mm Dmr. sind folgende:

Gasart	300 km	400 km	500 km
Steinkohlengas	17	19,5	22
4200 kcal-Mischgas (mit Wassergas)	18,5	22	24,5
4200 „ „ (mit Generatorgas)	20	23	25,5
3200 „ „ (mit Wassergas) .	24	27,5	30,5
3200 „ „ (mit Generatorgas)	26	30	33,5

III. Förderung der Gaserzeugung einer Zentralkokerei von 4000 t (trocken) Kohlendurchsatzes täglich.

Die Erzeugung der Mischgase liegt der Menge nach über dem Heizwertäquivalent des Steinkohlengases. Zum Vergleich kommt aber hier dieses in Betracht. Für den Leitungsdurchmesser von 500 mm l. W. gibt Zahlentafel 7 die Fördermengen und Drücke an, Zahlentafel 8 die Förderkosten. Als Leitungslänge werden drei Fälle, die 300-, die 400- und die 500 km-Strecke untersucht. In der schon erwähnten eingehenden Durcharbeitung des Fernversorgungsproblems („Großgasversorgung") ist nachgewiesen, daß der 300 km-Halbmesser im allgemeinen für deutsche Verhältnisse genügt, besonders, wenn auch Braunkohlen zur Grundlage

Zahlentafel 7. Fördermengen und Drücke bei 500 mm Leitungs-Durchmesser.

	Steinkohlengas 4637 kcal (ob., 0/760)	Mischgase (Steinkohlengas mit Wasser- oder Generatorgas) 4200 kcal (ob., 0/760) rd. 24 vH Wassergas	4200 kcal (ob., 0/760) rd. 13 vH Generatorgas	3200 kcal (ob., 0/760) rd. 76 vH Wassergas	3200 kcal (ob., 0/760) rd. 40 vH Generatorgas
Gaserzeugung aus 1 kg Steinkohlen . . . . m³	0,351	0,461	0,4023	1,471	0,5918
Unterer Heizwert . . . . kcal	4 137	3 765	3 757	2 950	2 923
Spezifisches Gewicht (Luft = 1) . . . . s	0,43	0,46	0,49	0,51	0,62
Volle Lieferfähigkeit der Gaserzeugung:					
Größte tägliche Abgabe = 1/250 der Jahreslieferung . . . . Mill. m³	1,404	1,844	1,6092	5,884	2,3672
Jährliche Lieferung ab Kokerei . . . . „ „	351	461	402,3	1 471	591,8
Größte stündliche Lieferung . . . . m³	58,500	76 838	67 050	245 166	98 417
Lieferung des Heizwert-Äquivalents:					
Größte tägliche Abgabe . . . . Mill. m³	—	1,5302	1,5330	1,8068	1,8159
Jährliche Lieferung . . . . „ „	—	382,55	383,26	451,72	453,98
Größte stündliche Lieferung . . . . m³	—	63 759	63 876	75 284	75 664
Anzahl der Leitungen (d = 500 mm l. W.)	1	1	1	2	1
Enddruck, p_e (ohne Umpumpen) . . . . at abs	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Anfangsdrücke, p_a für die volle Lieferfähigkeit der Gaserzeugung:					
bei Leitungslänge in km 300 . . . . at abs	16,54	22,45	20,22	37,68	33,36
400 . . . . „	19,11	25,91	23,34	43,51	38,52
500 . . . . „	21,33	28,97	26,09	48,64	43,06
Anfangsdrücke, p_a für Lieferung des Heizwertäquivalents					
bei Leitungslänge in km 300 . . . . at abs	—	18,03	19,26	23,14	25,65
400 . . . . „	—	21,51	22,24	26,72	29,61
500 . . . . „	—	24,05	24,86	29,86	33,10

Zahlentafel 8.
Förderkosten bei 500 mm Leitungs-Durchmesser.

	Steinkohlengas 4639 kcal (ob. 0/760)	Mischgase (Steinkohlengas zuzügl. Wasser- oder Generatorgas) 4200 kcal (ob., 0/760): rd. 24 vH Wassergas	4200 kcal: rd. 13 vH Generatorgas	3200 kcal (ob., 0/760): rd. 76 vH Wassergas	3200 kcal: rd. 40 vH Generatorgas
Jährliche Lieferung ab Kokerei . . Mill. m³	351	382,55	383,26	451,72	453,98
I. 300 km Leitungslänge:					
1. Kraft . . . . Mill. kWh	47.4	52,3	55,5	67,5	68,9
„ . . . . . Mill. ℳ	1,896	2,092	2,220	2,[illegible]00	2,756
2. Bedienung u. Wartung: Kompressoren Mill. ℳ	0,060				
Leitung . . . „ „	0,090				
3. 24,5 vH von 1,4 Mill. = Mill. ℳ	0,343				
15,0 vH von 23,1 Mill. = Mill. ℳ	3,465	3,958	3,958	3,958	3,958
Gesamtausgaben . . „ „	5,854	6,050	6.178	6,658	6,714
für 1 m³ . . . . . = ₰	1,67[illegible]	1.5815	1,6120	1,4[illegible]39	1,4789
für 1000 kcal (unt., 0/760) „	0,403	0.4201	0,4[illegible]91	0,4996	0,5060
II. 400 km Leitungslänge:					
1. Kraft . . . . Mill. kWh	50,6	56,4	56,8	72,0	76,6
„ . . . . . Mill. ℳ	2,024	2,256	2,272	2,880	3,064
2. Bedienung u. Wartung: Kompressoren Mill. ℳ	0,060				
Leitung . . . . . „ „	0,120				
3. 24,5 vH von 1,4 Mill. = Mill. ℳ	0,343				
15,0 vH von 30,8 Mill. = Mill. ℳ	4,620	5,143	5,143	5,143	5,143
Gesamtausgaben . Mill. ℳ	7,167	7,399	7,415	8,023	8,207
für 1 m³ . . . . . = ₰	2,0419	1,9341	1,9347	1,7761	1,8078
für 1000 kcal (unt., 0/760) ₰	0,4936	0,5137	0,5150	0,6021	0,6165
III. 500 km Leitungslänge:					
1. Kraft . . . . Mill. kWh	51,6	57,4	60,1	76,5	78,5
„ . . . . . Mill. ℳ	2,064	2,296	2,404	3,060	3,140
2. Bedienung u. Wartung: Kompressoren Mill. ℳ	0,060				
Leitung . . . . . „ „	0,150				
3. 24,5 vH von 1,4 Mill. = Mill. ℳ	0,343				
15,0 vH von 38,5 Mill. = Mill. ℳ	5,775	6,328	6,328	6,328	6,328
Gesamtausgaben: Mill. ℳ	8,392	8,624	8.732	9,388	9,468
für 1 m³ . . . . . . ₰	2,3906	2,2543	2,2784	2,0783	2,0856
für 1000 kcal (unt., 0/760) „	0,5779	0,5988	0,6054	0,7045	0,7135

Abb. 3. Selbstkosten technischer Gase ab Kokerei und frei Verbraucher für 1000 kcal. (unt., 0/760).

Zusammenfassung:

Wichtig sind die Förderkosten für 1000 kcal (unt. 0/760), vergl. Zahlentafel 8. Die geringsten Kosten fordert das Steinkohlengas (4639 kcal, ob. 0/760), während die Kosten für die beiden 4200 kcal-Mischgase gegeneinander nicht sehr verschieden sind, was auch für die 3200 kcal-Mischgase gilt. Bezogen auf die gleiche Leitungslänge erscheinen die Unterschiede nicht sehr erheblich; denn die beiden äußersten Fälle, nämlich Steinkohlengas oder 3200 kcal-Mischgas (mit Generatorgas) liegen für die 300 km-Strecke rd. 0,1 ₰, für die 400 km-Strecke rd. 0,12 ₰ und für die 500 km-Strecke rd. 0,14 ₰ auseinander.

Ob und welche Gase eine Beförderung zulassen, kann nur für die Lieferung am Ende der Fernleitung, also einschließlich des Anteils der Gaserzeugung, angegeben werden.

Wirtschaftlichkeit der Gasfernleitung.

Für diesen Vergleich ist die Lieferung der Gase frei Gasbehälter der beziehenden Gaswerke (also am Ende der Gasfernleitung) zu berücksichtigen. Der Leitungsverlust ist in Rechnung zu stellen. Deshalb sollen kurz die berechneten Gaserzeugungskosten und Förderkosten zusammengefaßt werden; dann wird auch festzustellen sein, wie sich diese Gesamtkosten zu den Kosten der Eigenerzeugung der Gaswerke verhalten. Zahlentafel 9 gibt diese Kostenaufstellung, für 1 m³ und 1000 kcal (unt., 0/760).

Vergleicht man die Lieferung frei Verbraucher von 1000 kcal (unt. 0/760), vergl. auch Abb. 3, so ist zu erkennen, daß die Unterschiede zwischen den Mischgasen und dem Steinkohlengas (4639 kcal, ob., 0/760), die am niedrigsten sind, nicht sehr erheblich ausfallen. Der Generatorgaszusatz ist dabei am vorteilhaftesten, was auch für die 3200 kcal-Mischgase gilt. Für die Mischgase sind die Kosten doch so gestellt, daß es möglich erscheint, die Fernleitung zu empfehlen. Zu beachten ist auch, daß die wegen der Kohlenersparnis volkswirtschaftlich zu wünschende restlose Vergasung (3200 kcal-Mischgas mit Wassergaszusatz) die höchsten Kosten ergibt.

Am vorteilhaftesten ist es, Steinkohlengas zu befördern, aber auch die 4200 kcal-Mischgase lassen sich auf Grund der heutigen Geld- und Preisverhältnisse (die Rechnungen sind in Reichsmark durchgeführt) bis 500 km wirtschaftlich befördern. Die Gaswerke rechnen heute nur mit einem 4200 kcal-Gas, deshalb ist hier der Vergleich auf derselben Grundlage zu ziehen. Dieses Gas können heute selbst die größten deutschen Gaswerke östlich der Elbe nicht unter 6 ₰/m³ frei Gasbehälter herstellen. Da aber die Werkanlagen und wertvollen Grundstücke (mit Ausnahme der Gasbehälter und Meßstellen) frei werden, so fällt auch deren Kapitaldienst in Höhe von rd. 0,8 ₰/m³ fort, und die Grundstücke sind verwertbar. Es besteht die Möglichkeit, die Lieferung zu einem Preise von

rd. 5,4 ₰/m³ bis 300 km,
„ 5,8 „ „ 400 „ und
„ 6,25 „ „ 500 „

durchzuführen. Dabei ist angenommen, daß die größte tägliche Lieferung gleich 1/250 der jährlichen Lieferung ist. Es wird sich aber empfehlen, am Ende der Leitung ein Spitzenwerk zu betreiben, das auch zur Aushilfe dient, und der Fernleitung und Kokerei eine dauernde Belastung zu geben. Das würde die jährlichen Mengen um rd. 25 vH steigern, also die Förderkosten entsprechend ermäßigen, so daß nur mit:

rd. 5.10 ₰/m³ bis 300 km,
„ 5.40 „ „ 400 „ und
„ 5,75 „ „ 500 „ frei Gasbehälter

zu rechnen wäre. Berücksichtigt man den Fortfall des Kapitaldienstes, der Werkanlagen und den hohen Wert der freiwerdenden Werkgrundstücke, so ist der wirtschaftliche Vorteil der Fernleitung des Gases ersichtlich. Damit könnte auch Berlin von den Kohlenbezirken versorgt werden. Der

Zahlentafel 9. Selbstkosten technischer Gase ab Kokerei und frei Verbraucher zur Verwendung als Stadtgas:

	Steinkohlengas 4639 kcal (ob., 0/760)	Mischgase (Steinkohlengas mit Wasser- oder Generatorgas)			
		4200 kcal (ob., 0/760)		3200 kcal (ob., 0/760)	
		rd. 24 vH Wassergas	rd. 13 vH Generatorgas	rd. 76 vH Wassergas	rd. 40 vH Generatorgas
I. 300 km Leitungslänge:					
Erzeugung . . . . . . ₰/m³	3,4742	3,2618	3,1745	2,7964	2,5179
Förderung . . . . . . „	1,6678	1,5815	1,6120	1,4739	1,4789
ab Erzeugungsstelle . ₰/m³	5,1420	4,8433	4,7865	4,2703	3,9968
frei Verbraucher . . „ (10 vH Verlust)	5,7133	5,3814	5,3183	4,7448	4,4409
Erzeugung von 1000 kcal (unt., 0/760) . . . . . . ₰	0,8398	0,8663	0,8450	0,9479	0,8614
Förderung . . . . „	0,4031	0,4281	0,4291	0,4996	0,5060
ab Erzeugungsstelle . . ₰	1,2429	1,2944	1,2741	1,4475	1,3674
frei Verbraucher . . . . „	1,3810	1,4382	1,4157	1,6083	1,5193
II. 400 km Leitungslänge:					
Erzeugung . . . . . . ₰/m³	3,4742	3,2618	3,1745	2,7964	2,5179
Förderung . . . . . . „	2.0419	1,9341	1,9347	1,7761	1,8078
ab Erzeugungsstelle . ₰/m³	5,5161	5,1959	5,1092	4,5725	4,3257
frei Verbraucher . . „ (11 vH Verlust)	6,1979	5,8381	5,7407	5,1376	4,8603
Erzeugung von 1000 kcal (unt., 0/760) . . . . . . ₰	0.8398	0,8663	0,8450	0,9479	0,8614
Förderung . . . . „	0,4936	0,5137	0,5150	0,6021	0,6185
ab Erzeugungsstelle . . ₰	1,3334	1,3800	1,3600	1,5500	1,4799
frei Verbraucher . . . . „	1,4982	1,5506	1,5281	1,7416	1,6628
III. 500 km Leitungslänge:					
Erzeugung . . . . . . ₰/m³	3,4742	3.2618	3,1745	2,7964	2,5179
Förderung . . . . . . „	2,3906	2,2543	2,2784	2,0783	2,0856
ab Erzeugungsstelle . ₰/m³	5,8648	5,5161	5,4529	4,8747	4,6035
frei Verbraucher . . „ (12 vH Verlust)	6,6645	6,2683	6,1965	5,5394	5,2312
Erzeugung von 1000 kcal (unt., 0/760) . . . . . . ₰	0,8398	0,8663	0,8450	0,9479	0,8614
Förderung . . . . „	0,5779	0,5988	0,6064	0.7045	0,7135
ab Erzeugungsstelle . . ₰	1,4177	1,4651	1,4514	1,6524	1,5749
frei Verbraucher . . . . „	1,6110	1,6649	1,6493	1,8777	1,7897

Ruhrbezirk und Oberschlesien, als Mittelpunkte der Erzeugung genommen, bieten die Möglichkeit zur wirtschaftlichen Versorgung der deutschen Gaswerke mit Gas durch Gasfernleitungen, vergl. Abb. 4.

Schlußbemerkungen.

Diese Ausblicke mögen heut weitgehend erscheinen. Die öffentliche Gasversorgung kann aber in gleicher Weise wie die Versorgung mit Elektrizität weiter entwickelt, der Verbrauch auf den Kopf der Bevölkerung kann durch verstärkten Verbrauch für Heizung und Industrie ein Vielfaches des jetzigen werden. Ein solcher Aufschwung ist aber an niedrige Gaspreise gebunden und an die Möglichkeit, diese Mengen auch billig zu erzeugen. Würde die Selbsterzeugung der Gaswerke dafür aufzukommen haben, so würden die Gaswerke weiter auszubauen sein, denn seit 1914 haben wir dazu nur geringe Gelegenheit gehabt. Das wäre aber eine Verzettelung des heute nicht so frei zur Verfügung stehenden Geldes für die Errichtung vieler einzelner Werkanlagen. Dabei kann nach den gemachten Erfahrungen nicht übersehen werden, daß sich die Bauart des normalen Gaswerkes von derjenigen der Kokerei bezüglich der äußeren Ausstattung usw. im Sinne größeren Kapitalaufwandes unterscheidet. Was sich aber die übrige Welt heute nicht gestattet, können wir uns erst recht nicht leisten. Hier müssen Einzelwünsche gegenüber dem Nutzen der Allgemeinheit zurückgestellt werden.

Für die Ausbildung der Gasfernleitung auf großer Grundlage kommen in der Hauptsache zwei Steinkohlenbezirke: Ruhr und Oberschlesien, in Betracht. Die Entwicklung zur Zentralkokerei ist nicht aufzuhalten; bedingt durch den Verschleiß der alten Anlagen, die Zusammenlegung der Gesellschaften und den technischen Fortschritt. Die neuen Kokereien des Kohlenbezirkes erfordern jedenfalls den geringsten Kapitalaufwand auf 1 t durchgesetzter Kohlen. Diese Entwicklung liegt ganz im Sinne der geplanten Großgas-Fernversorgung.

Dem Gasfach fehlt aber die Führung, welche die Elektrizität in ihrer Entwicklung zur Überlandversorgung in so reichem Umfange durch die großen Gesellschaften der Elektrizitätsindustrie gehabt hat. Die Bergwerks- und Hüttenkonzerne haben in der Hauptsache andere Interessen und neigen im allgemeinen mehr zu dem Spruch: Industrie gehört zu Industrie, als daß sie sich mit städtischen Gaswerkverwaltungen und in Wegerechtsachen auch mit Behörden berühren möchten. Naheliegend ist deshalb der Zusammenschluß der Erzeuger- und Verbraucher auf gemischtwirtschaftlicher Grundlage, wobei sich auch die Landes- und Kreisverbände durch kostenlose Hergabe des Wegerechts für die Leitungen der Sache nützlich zeigen könnten. Das flache Land zu beliefern, also von Dorf zu Dorf und von Haus zu Haus die Gasversorgung vorzutragen, kommt wohl nicht in Frage. Hier besteht doch ein Unterschied zwischen Elektrizität und Gas mit Rücksicht auf die Verschiedenheit im Leitungsbau und -betrieb. Letzten Endes fehlt aber der Entschluß zu solcher Entwicklung; denn nicht überall nehmen sich Bergwerksgesellschaften oder Elektrizitätswerke der Gasfernversorgung an, wie das im Westen geschehen ist. Hier zeigt sich aber auch die Entwicklungsfähigkeit der öffentlichen Gasversorgung im vorteilhaften Gegensatz; denn die Gaswerke des bergischen Landes verbrauchen heute die drei- bis vierfache Menge gegenüber der Vorkriegszeit, während die übrigen deutschen Gaswerke diese Verbrauchssteigerung nicht aufzuweisen haben. Wenn das deutsche Gasfach seine Aufgabe erfüllen will, wird es sich noch mehr rühren müssen. Im Ausland, besonders auch in Nordamerika, merkt man nichts von irgendwelcher Kränklichkeit; man rührt sich besonders auf dem Gebiet der Raumbeheizung und Industrie, wofür hier erst Ansätze vorhanden sind. Letzten Endes hat die Verbraucherschaft Nutzen aus solcher Entwicklung. Es muß sich aber auch der Grundsatz durchsetzen, daß Gas und Elektrizität Kohlenenergie bedeuten, wobei beide Energieformen Lebensberechtigung haben.

Zusammenfassung.

Es wird für die heutige Preisgrundlage für die Erzeugung und Lieferung nachgewiesen, daß eine Gasfernleitung aus den Kohlenbezirken bis zum Halbmesser von 500 km wirtschaftlich möglich ist. Am vorteilhaftesten ist die Fernleitung von Steinkohlengas (4639 kcal ob., 0/760), doch sind auch die Mischgase 4200 kcal (ob., 0/760) und 3200 kcal (ob., 0/760) dazu geeignet. Das 3200 kcal-Mischgas (unter Wassergaszusatz) aus der restlosen Vergasung ergibt die höchsten Selbstkosten, der Generatorgaszusatz immer die niedrigeren Kosten.

In der Verwendung sind Steinkohlengas und 4200 kcal-Mischgase nur nach dem Heizwert (unt.) zu bewerten, die theoretischen Flammentemperaturen sind nicht verschieden, nur die Flammenvolumen. Das 3200 kcal-Mischgas mit Wassergaszusatz (restlose Vergasung) ergibt höhere theoretische Flammentemperatur, das mit Generatorgaszusatz niedrigere; das mit Wassergaszusatz ist das wertvollere. Mischgasverwendung erfordert Druckerhöhung, für die

Abb. 4. Plan einer Gasversorgung des Deutschen Reiches durch Gasfernleitung, ausgehend von den Steinkohlenbezirken.

3200 kcal-Gase sogar eine ziemlich hohe, und Änderung der Verbraucheinrichtungen.

Volkswirtschaftlich hat nur die restlose Vergasung Berechtigung wegen der Kohlenersparnis. Mischgaserzeugung entlastet teilweise vom Koksballast.

Empfehlenswert ist aber doch Rückkehr zum reinen Steinkohlengas (4639 kcal ob., 0/760), das für Erzeuger und Verbraucher am vorteilhaftesten ist. Es erfordert die niedrigsten Fernleitungskosten und ist gegenüber der eigenen Erzeugung wettbewerbfähig bis zu 500 km, so daß die Gaserzeugung in Zentralkokereien der Kohlenbezirke, Ruhr und Oberschlesien, zusammengefaßt werden könnte. [B 232]

Verbesserung der Kokskohlen auf der Zeche Friedrich der Große.

Auf der Zeche Friedrich der Große, die zum Besitz der Ilseder Hütte gehört, werden auf der Schachtanlage 1/2 täglich rd. 2200 t, die fast ausschließlich Fettkohlen sind, und auf der Schachtanlage 3/4 täglich rd. 2000 t, von denen mehr als die Hälfte aus Gas- und Gasflammkohlenflözen stammen, gefördert. Da letztere rd. 29 vH flüchtige Bestandteile enthalten und dem Hüttenwerk keinen einwandfreien Koks liefern, wurden von der Zechenverwaltung die nachstehenden Maßnahmen getroffen.

Von der Schachtanlage 1/2 werden täglich rd. 450 t Fettnußrußkohlen in Selbstentladewagen nach der Anlage 1/4 geschafft. Hier werden sie über einer Grube entleert, aus der ein Becherwerk die Kohlen in einen Vorratsraum hebt. Aus diesem werden die Kohlen in Förderwagen, den Kohlenwippern der Wäsche zugeführt, so daß eine gute Mischung der Fett-, Gas- und Gasflammkohlen gewährleistet ist und die Kokskohlen verbessert werden. Ferner wird, wie durch Versuche festgestellt worden ist, durch die Beimischung von Magerkohlen die Güte der Feinkohlen verbessert, und zwar hat sich ein Zusatz von 10 bis 15 vH Eßkohlen als günstigster für die Koksbeschaffenheit erwiesen. Die Eßkohlen werden mit den Kokskohlen der Anlage 3/4 in einer Schleudermühle gemischt und gemahlen, wobei die Korngrößen der Kokskohlen 6 mm nicht überschreiten. Die geschleuderten Kohlen fallen auf ein Kratzband, das sie in den Kokskohlenturm befördert.

Zur Veredelung der Kokskohlen sind auf der Anlage 3/4 Verbesserungen vorgenommen worden, die den Wassergehalt der Feinkohlen und der Schlämme, sowie den Aschengehalt der Kokskohlen herabsetzen sollen. Zur Vorentwässerung der Feinkohlen und Schlämme wurde das Feinkohlen-Siebverfahren eingeführt. Feinkohlen und Schlämme werden auf besonderen Sieben scharf abgebraust, wodurch man eine fast vollständige Aufteilung der Ton- und Schwefelkiesbeimengungen und eine große Entwässerungsfähigkeit der Kokskohlen erreichte.

Die von der Setzmaschine kommenden Kohlen gelangen auf das Klassiersieb, wobei vorher durch ein Spaltsieb mit 0,4 mm Spaltweite die feinsten Schlämme und ein Teil des Wassers abgezogen werden. Das Klassiersieb trennt die Kohlen in die einzelnen Nußsorten sowie Feinkohlen bis 10 mm, die durch eine Rinne auf das Feinkohlen-Entwässerungssieb von einer Maschenweite von 0,75 mm geführt werden, wobei ein Spaltsieb zur Entfernung der feinsten Schlämme und eines Wasseranteiles dient. Die über das Sieb gehenden Kohlen fallen auf das Entwässerungsband, auf dem die Feinkohlen und die Schlämme weiter entwässert werden. Beim Verlassen des Siebes haben die Kohlen noch 5 bis 6 vH Aschengehalt und einen Wassergehalt von rd. 10 vH. Die durch das Sieb gebrausten Schlämme sammeln sich zusammen mit den von den Sieben abgezogenen in Klärspitzen und werden von dort mit Hilfe einer Schlammpumpe in einen Verdichtungstrichter gedrückt. Von dort aus werden sie auf zwei Schlammentwässerungssiebe mit einer Maschenweite von 0,25 mm aufgegeben. Die Schlämme weisen vor dem Abbrausen einen Aschengehalt von 10 bis 18 vH auf, während er nachher nur noch 6½ vH beträgt. Durch das Abbrausen kann der Aschengehalt in gewissen Grenzen gehalten werden. Die scharf abgebrausten Schlämme fallen ebenfalls auf ein Band, wo sie sich mit den Feinkohlen gut vermischen. Die durchgebrausten Schlämme mit einem Aschengehalt von 22 vH gelangen zurzeit in Klärteiche, sollen aber später vielleicht in einer Schlämmaufbereitung verarbeitet werden. („Glückauf" Bd. 61 (1925) S. 277.) [N 419] **Gw.**

Der gegenwärtige Stand der Steinkohlenschwelung in Deutschland.

Von Direktor Dipl.-Ing. Cantieny, Berlin.

Auszug aus einem Vortrag auf der vom Gauverband Rheinland und Westfalen des Vereines deutscher Ingenieure veranstalteten Kohlentagung am 25. bis 27. April 1925 in Essen.

Technische Aufgaben beim Verschwelen von Steinkohlen. Darstellung des liegenden Drehofens der Schwelanlage auf Zeche Mathias Stinnes I/II. Betriebsergebnisse, wirtschaftliche Aussichten.

Die Frage der Tieftemperatur-Behandlung der Brennstoffe kann nur unter dem Gesichtspunkt des Wärmeinhalts und des Umsetzungswirkungsgrades der Einzelstoffe bei ihrer Verbrennung in Feuerungen oder Motoren betrachtet werden, wenn auch je nach den Bedürfnissen der betreffenden Länder die Einstellung in einem Falle mehr nach der Seite der flüssigen, im andern Falle mehr nach der der festen Brennstoffe schwankt. Ferner ist bei der Beurteilung der Entwicklungsmöglichkeit der Schweltechnik in den verschiedenen Ländern noch ausschlaggebend, ob diese sich allein auf privatwirtschaftlichen Nutzen aufbauen muß, oder ob der Kreis einer Volkswirtschaft aus sich heraus Wert auf eine entwickelte Schwelindustrie legt und sie deshalb durch Gesetze, Zollerleichterungen oder dergl. noch besonders schützt.

Da sich Deutschland infolge des Ausgangs des Krieges auf eine passive Politik einstellen muß, kann bei uns zunächst nur die Rechnung der Privatwirtschaft für die Entwicklung der Schweltechnik maßgebend sein. In andern Ländern, z. B. England, Japan und in gewissem Maß auch in den Vereinigten Staaten, ist es anders: in diesen Ländern wird die Schaffung aller Einrichtungen, in der ein Höchstwert an flüssigen Brennstoffen entwickelt wird, auch eine staatliche Aufgabe sein, damit im Falle der Sperrung der Grenzen bei außenpolitischen Verwickelungen eine brauchbare Quelle für flüssige Brennstoffe für Heer und Flotte sowie für Rüstungsindustrien vorhanden ist.

Aber auch für Friedensverhältnisse kann eine solche einheimische Teerindustrie wegen ihres Einflusses auf die Preisregelung ausländischer Öle von Wichtigkeit sein. In England beschäftigt sich z. B. die öffentliche Meinung sehr stark mit der Tatsache, daß man hochbituminöse Kohlen, die bei entsprechender Verarbeitung eine gute Ölausbeute gewährleisten, in großen Mengen ausführt, während gleichzeitig fremde Erdöle eingeführt werden. Auch die Rußfrage spielt in England eine wichtige Rolle; ihre Bedeutung wird gekennzeichnet durch die Angabe des englischen Gesundheitsamtes, wonach jährlich schätzungsweise 55 000 t Ruß über London niedergehen[1]). Jedenfalls kann heute schon gesagt werden, daß eine entwickelte Schwelindustrie, die noch durch neuere Verfahren der unmittelbaren Hydrierung von Kohlenwasserstoffen oder durch neuzeitliche Aufspaltverfahren (Krackverfahren) zu ergänzen wäre, immer mehr eine Notwendigkeit wird.

Da bei uns in Deutschland nur die Fragen der Privatwirtschaft ausschlaggebend sind, muß in jedem Fall untersucht werden, welchen wirtschaftlichen Möglichkeiten das Schwelverfahren gegenübersteht, d. h. es sind den Rohstoffen (den Kohlen) auf der einen Seite die Erzeugnisse (Halbkoks, Teer, Benzin, Gas) auf der andern Seite gegenüberzustellen. Nach dem Vorbild der Kokerei- und Gasindustrie müssen wir uns an den Gedanken gewöhnen, daß nicht mehr der Urteer als Haupt- oder Edelerzeugnis zu betrachten ist, sondern der Halbkoks; er ist (wie der Gaskoks in der Kokerei und der Gasanstalt) der Menge nach von größter Wichtigkeit für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens. Ein Vergleich der beiden in Abb. 1 und 2 dargestellten Kreisbilder, in denen die Verteilung der Wärmeeinheiten, bezogen auf die in den Enderzeugnissen zur Verfügung stehenden Energiemengen beim Kokerei- und beim Schwelverfahren, gezeigt ist, wird dies erklären.

[1]) Rep. American Gas Association 1924 S. 55.

Technische Aufgaben.

Jede Verkokung und ebenso die Schwelung von Kohlen ist letzten Endes eine Wärmeübertragung; denn die Durchführung der aufeinander folgenden Trocknung, Schwelung oder Verkokung mit anschließender, teilweise durchgeführter Aufspaltung der ausgetriebenen flüchtigen Bestandteile erfordert praktisch stets die Zufuhr von Wärme. Allerdings sind die Arbeitsbedingungen in diesen verschiedenen Zonen nicht dieselben, und der Gesamtwirkungsgrad des Verfahrens wird um so höher sein, je mehr die gewählte Einrichtung es zuläßt, jede Arbeitstufe nach den günstigsten Bedingungen zu regeln.

Hier steht im Vordergrunde die Aufgabe, die bis zur Durchführung der Schwelung zu lösen ist. Dabei ist folgenden Umständen Rechnung zu tragen:

1. Die Kohlen sind schlechte Wärmeleiter.
2. Die Anwendung eines an sich wünschenswerten hohen Wärmegefälles ist im Sinn einer Schonung der auszutreibenden Wertstoffe auf bestimmte Grenzen beschränkt, d. h. die Temperatur von höchstens 600 °C soll im Schwelgut nicht überschritten werden.

Den vorstehend gekennzeichneten, zum Teil einander entgegengerichteten Voraussetzungen wird man am besten entsprechen, wenn man die Kohlen mit dem heizenden Mittel in innige Berührung bringt. Das ist möglich, indem man sie entweder von heißen Gasen oder Dämpfen durchstreichen läßt (Innenheizung), oder auch, indem sie mit einem irgendwie zu heizenden festen Körper in Berührung gebracht werden (Außenheizung).

Die Innenheizung, d. h. das Durchstreichen mit heißen Gasen, ist wärmetheoretisch eine gute Lösung. Um eine Verbrennung zu vermeiden, kann man nur Gase ohne freien Sauerstoff benutzen, d. h. in erster Linie kohlensäurehaltige Gase, allenfalls Wasserdampf. Die ausgetriebenen Gase und Teerdämpfe vermischen sich aber mit den Heizgasen und werden deshalb erheblich verdünnt, so daß der Heizwert des Urgases ganz erheblich herabgesetzt wird; dadurch geht gerade die erwünschte Heizwertsteigerung im gasförmigen Anteil (normales Urgas hat 6 bis 8000 kcal) verloren, während anderseits die Teere und Benzine aus

Abb. 1. Hochtemperaturverkokung von Gaskohle. Summe der Wärmemengen (kcal) der anfallenden Verkokungserzeugnisse: Koks + Teer + Gas + Leichtöl = 100 vH.

Abb. 2. Verschwelung von Saarkohle. Summe der Wärmemengen (kcal) der anfallenden Schwelerzeugnisse. Halbkoks + Teer + Gas + Leichtöl = 100 vH.

Abb. 3. Zugfestigkeit und Dehnung von Flußeisen in Abhängigkeit von der Temperatur (nach Goerens).

einer viel größeren Gasmenge niedergeschlagen oder herausgewaschen werden müssen. Das ist aber bekanntlich sehr unwirtschaftlich, da man dazu größere Einrichtungen und größere Kühlmengen braucht, als sie beim unverdünnten Gase notwendig sind. Daneben sind Verluste noch dadurch zu erwarten, daß infolge der großen Verdünnung der Teerdämpfe ihr Teildruck so stark erniedrigt wird, daß es nicht mehr möglich ist, solche Anteile in flüssiger Form bei der üblichen Abkühlung niederzuschlagen. Ferner müssen große Wärmemengen durch Abkühlung an sich nutzlos vernichtet werden, da es nicht möglich ist, dieses Gasteerdampf-Gemisch irgend welchen Abhitzeverwertungs-Einrichtungen (Dampfkesseln usw.) zuzuführen.

Für die Innenheizung kommen nur Brennstoffe von geeigneter Körnung in Frage, die ihre Form auch während des Schwelvorganges nicht wesentlich verändern, d. h. nicht backen, da andernfalls den Heizgasen die Durchdringung erschwert oder gar unmöglich gemacht wird. Es ist bei diesem Verfahren nicht möglich, einen der Form nach minderwertigen Brennstoff zu veredeln, z. B. Abfallstaubkohlen in schaufelbaren Stücken zu erhalten. Zweifellos gibt es trotzdem eine Reihe deutscher Kohlen, bei denen die Anwendung der Innenheizung der wirtschaftlichste Weg ist. Hier ist vor allen Dingen an mitteldeutsche Braunkohlensorten zu denken, bei denen eine Verschwelung ohne nennenswerte Gasentwicklung möglich ist und die im Verlauf des Schwelens auch nicht zusammenbacken, so daß ein Teil der vorstehend gekennzeichneten Schwierigkeiten hier vermieden wird. Für diese Kohlen sind deshalb auch eine Reihe von Verfahren entwickelt worden, die sich im Grundgedanken teils an die Ausbildung des Gaserzeugers (mit Aufsatz- oder Einhängeretorte), teils an den Aufbau gewisser Trocknungseinrichtungen anlehnen[1]). Zum Teil sollen schon sehr gute wirtschaftliche Ergebnisse erzielt worden sein. Die hauptsächlichsten Verfahren auf diesem Gebiet sind die der AVG (S. 564), der Lurgi-Gesellschaft (S. 561), von Limberg und von Seidenschnur[2]). Außer der vorstehend genannten Beschränkung in der Wahl der Kohlensorte und der kurz angedeuteten grundsätzlichen Schwierigkeiten in bestimmten Fällen steht diesen Verfahren im Großbetrieb aber der Nachteil des geringen Durchsatzes entgegen. Bei Gaserzeugern fällt zudem kein Halbkoks an, der gesamte Wärmeinhalt der Kohlen muß vielmehr in Gas und Teer übergeführt werden.

Diese Schwierigkeiten der Innenheizung werden vermieden bei der sogenannten A u ß e n h e i z u n g. Wenn die Kohlen in einem abgeschlossenen Raum von außen erhitzt werden, so ist es bei sachmäßiger Ausbildung der Einrichtung möglich, ein reines hochwertiges Urgas und ungespaltene Teererzeugnisse zu erhalten, aus denen sich in verhältnismäßig kleinen Einrichtungen die einzelnen Wertstoffe (Teer, Benzin) leicht und sicher ausscheiden lassen. Die fühlbare Wärme der Heizgase nach dem Verlassen der Schweleinrichtung kann in jeder beliebigen Wärmeaustausch-Vorrichtung weiter ausgenutzt werden. Voraussetzung für eine wirkungsvolle Außenheizung ist eine ständige Bewegung der Kohlen, so daß stets neue Kohleteilchen mit der heizenden Wand in Berührung kommen, da andernfalls, infolge der geringen Wärmeleitfähigkeit der Kohlen, ungleiche Erhitzung des Schwelgutes und damit unvollkommenes Ausschwelen oder teilweise auftretendes Überhitzen nicht zu vermeiden ist. Wird diese Bewegung der Kohlen sachgemäß durchgeführt, so läßt sich auch noch teilweise eine Innenheizung, also unmittelbare Wärmeübertragung, dadurch erreichen, daß die aus den primär beheizten Kohlenteilchen austretenden Gas-Teernebel-Gemische die weiter zurückliegenden Kohlenteilchen vorwärmen.

Bei Betrachtung dieser Zusammenhänge drängt sich fast von selbst die Frage auf: Warum schwelen wir eigentlich nicht im Koksofen? Hier liegt doch eine Bauart vor, die sich jahrzehntelang als betriebsicher bewährt hat, und die in vielen Fällen für solche Zwecke verfügbar sein würde. Die Unmöglichkeit, den Koksofen zur Schwelung zu benutzen, liegt in der Begrenzung der zulässigen Temperatur. Um in einer koksofenähnlichen, wagerechten oder senkrechten Kammer schwelen zu können, müßte diese — entsprechend der geringeren Höchsttemperatur — schmaler gebaut werden. Jedoch bilden 10 bis 15 cm wohl die Grenze der Ofenbreite. Da jede Kammer ihre eigenen Heizzüge braucht, wird bei dieser Kammerbreite das Verhältnis vom nutzbaren Ofenraum zum Heizraum in einem gegebenen Ofenblock ungünstiger, d. h. die Herstellkosten bleiben dieselben, die Durchsatzmenge wird jedoch auf ½ bis auf ⅓ entsprechend den verwendeten Temperaturgefällen herabgesetzt. Gleichzeitig bleibt die Zahl der zu bedienenden Verschlüsse und Einrichtungen, d. h. der Arbeitsaufwand derselbe.

Aus dieser Betrachtung ergibt sich als neue Forderung, daß zur Erreichung möglichst geringer Bau- und Wartungskosten und somit höchster Wirtschaftlichkeit, Einheiten von möglichst g r o ß e m D u r c h s a t z entwickelt werden müssen, die gleichzeitig einen stetigen Betrieb erlauben durch möglichst selbsttätige Förderung aller Stoffe, auch wenn die Kohlen während der Temperaturbehandlung die unangenehme Eigenschaft des Backens und Blähens zeigen sollten.

Diese Gedankengänge müssen von jedem Konstrukteur einer Schweleinrichtung durchgedacht werden und es überrascht somit nicht, daß (abgesehen von verschiedenen kleinen Versuchseinrichtungen, die ihre Daseinsberechtigung im Großbetriebe bisher noch nicht erbracht haben) in Deutschland alle Lösungen für Großanlagen das gleiche technische Mittel zugrunde gelegt haben: die D r e h t r o m m e l[3]).

Eine Reihe von Gründen war hierfür maßgebend:

a) Die Drehtrommel wird in der Zement- und Aufbereitungsindustrie seit Jahren benutzt und hat sich hier als durchaus betriebsicher erwiesen. Durch die langsame, sicher zu beherrschende Eigendrehung der Trommel wird das Gut unter stetigem Umwenden gleichmäßig fortwandernd durch die Einrichtung befördert. Auf Rührflügel oder Schnecken, die bei backenden Stoffen innerhalb gewisser Temperaturgrenzen gefährlich werden können, überhaupt auf bewegte, dem Verschleiß unterworfene Teile kann verzichtet werden, wenn die Trommel schwach geneigt angeordnet wird.

b) Bei richtiger Ausbildung kann die Drehtrommel in großen Abmessungen hergestellt werden und erlaubt so die Bewältigung großer Durchsätze ohne wesentliche Erhöhung der Wartungs- und Betriebkosten.

c) Der Baustoff der Drehtrommel (Flußeisen) ist ein guter Wärmeleiter, was mit Hinsicht auf die zulässigen, verhältnismäßig niedrigen Temperaturen von großer Bedeutung ist. Sofern durch sachmäßige Heizung die Oxydationsmöglichkeit durch die Feuergase ausgeschaltet und durch die Bauart die Festigkeit der Trommel gewährleistet ist, muß Eisen im vorliegenden Falle jedem sogenannten feuerfesten Baustoff vorgezogen werden, da mit ihm allein der Schwelraum dauernd gasdicht herzustellen ist. Bei richtig ausgeführten Dichtungen kann durch Absaugen ein entsprechender Unterdruck im Schwelraum hergestellt werden, ohne daß man — wie beim Koksofen — Gefahr läuft, den Heizwert des Gases durch Luftansaugen herabzusetzen. Da das Schwelgut dauernd bewegt wird, kann dauernd mit höchst zulässiger Heiztemperatur, ohne Gefahr der Überhitzung des Gutes, gearbeitet werden.

[1]) vergl. hierzu die Arbeiten auf S. 555 u. f. in diesem Heft.
[2]) Arnemann, Zeitschr. f. angew. Chemie Bd. 37 (1924) S. 713.
[3]) Roser, „Stahl und Eisen" Bd. 40 v. 3. Juni 1920; Thau, „Glück auf" Bd. 59 (1923) Heft 2 und 3.

d) Bei der Drehtrommel besteht innerhalb der durch die Wirtschaftlichkeit gegebenen Grenzen Unabhängigkeit von der Art des Schwelgutes. Sowohl einigermaßen grobkörnige als auch staubförmige Stoffe mit beliebigem Aschengehalt, gleichgültig ob backend oder nichtbackend, können unter Innehaltung gewisser Arbeitsbedingungen verschwelt werden. Der freie Querschnitt der Trommel erleichtert den freien Austritt und Abzug der ausgetriebenen flüchtigen Schwelerzeugnisse. Durch Änderung der Umlaufzahl unter entsprechender Einstellung der Schichtdicke ist es neben andern Maßnahmen leicht möglich, den besonderen Eigenschaften des jeweiligen Schwelgutes Rechnung zu tragen.

Nun wird eingewandt werden können, daß zwischen der Forderung des Baues großer Einheiten zur Erzielung großer Durchsätze und der dauernden Heizung mit höchstzulässiger Temperatur Widersprüche bestehen. Da eine von außen geheizte Trommel nur an den beiden Enden unterstützt werden kann, wird sie bei großen Längenabmessungen infolge Belastung durch Eigengewicht und Beschickung erheblichen Durchbiegungen unterworfen sein, die den Baustoff ungleichmäßig und stetig wechselnd beanspruchen, zumal gleichzeitig das Drehmoment der Antriebseinrichtung von einem Ende zum andern übertragen werden muß. Wie Schaubild, Abb. 3, zeigt, nimmt die Festigkeit von Flußeisen bei steigender Erwärmung zunächst zu, bei höhern Temperaturen dagegen erheblich ab, so daß für die hier in Frage kommenden Verhältnisse nur mit ¼ der bei gewöhnlicher Temperatur zulässigen Beanspruchung gerechnet werden kann. Dies legt den Wunsch nach Schaffung eines kühlgehaltenen Traggerüstes nahe, damit der eigentlichen Schweltrommel nur die Wärmeübertragung obliegt.

Die Schwelanlage auf Zeche Mathias Stinnes I/II.

Dieser Forderung ist bei dem Bau einer Großschwelanlage auf der Zeche Mathias Stinnes I/II in Karnap bei Essen in weitem Maße Rechnung getragen worden. Der Bau wurde im Herbst 1921 beschlossen und der Kohlenscheidungs-Gesellschaft (KSG) m. b. H., Berlin NW 7, in der ihr geschützten Bauart übertragen. Die Bauteile wurden nach den Plänen der Gesellschaft von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg in den Werken Nürnberg und Gustavsburg hergestellt. Infolge der bekannten Schwierigkeiten, unter denen die deutsche Wirtschaft zu leiden hatte, vor allem infolge der Ruhrbesetzung, wurde die Fertigstellung der Anlage leider sehr verzögert, so daß sie erst im April 1924 in Betrieb genommen werden konnte. Nachdem die Anlage in der Zwischenzeit einer Reihe von Erprobungen unterworfen worden ist und sich im Dauerbetriebe bestens bewährt hat, sollen die im vorstehenden angeschnittenen allgemeinen Fragen an der Hand dieser Anlage und der mit ihr erreichten Ergebnisse im einzelnen erörtert werden. In Abb. 4 ist der grundsätzliche Aufbau und der Betriebsgang dieser Anlage dargestellt.

Den Schwierigkeiten der Beherrschung der Beanspruchung der Trommel ist man hier zwanglos dadurch gerecht geworden, daß zwei Trommeln ineinander angeordnet wurden. Die Kohlen wandern erst durch die Innentrommel und dann durch die Außentrommel. Die innere Trommel, die als Traggerüst wirkt, wird durch die Frischkohlen dauernd gekühlt, ihre Temperatur steigt (wie der Betrieb ergeben hat) nicht über 200 °C, sie liegt also in der Zone höchster Festigkeit; gleichzeitig werden die kalten Kohlen angewärmt bzw. vorgetrocknet. Da die Trommel schwach geneigt gegen die Wagerechte angeordnet ist, wird das Schwelgut durch eine in der Innentrommel angeordnete Schnecke aufwärts befördert. Nachteile ergeben sich hierdurch nicht, da bei den hier herrschenden Temperaturen eine Formveränderung der Kohlen (Backen oder Blähen) noch nicht eintritt. Durch Öffnungen, die am oberen Ende der Innentrommel angebracht sind, fallen die Kohlen, bereits auf 180 bis 200 °C vorgewärmt, in die Außentrommel, um hier, infolge der Drehung und Neigung abwärts wandernd, verschwelt zu werden. Der Halbkoks tritt am untern Ende durch ein besonderes Austragstück aus. Die festen Stoffe — Kohlen und Halbkoks — liegen also an demselben Ende des Baublocks vor und können mit derselben Fördereinrichtung zu- und abgeführt werden, so daß diese bei der Hin- und der Rückfahrt ausgenutzt wird.

Die flüchtigen Stoffe (Gas, Teer- und Wasserdämpfe) werden dauernd am obern Trommelende abgesaugt, d. h. sie werden in der Nähe ihrer Entstehungsstelle entfernt. Die Gefahr der Überhitzung, wie sie vorliegt, wenn am Koksaustragende abgesaugt wird, oder die Gefahr der teilweise stattfindenden Kondensierung an den kalten Kohlen, wie sie bei Entfernung der flüchtigen Stoffe am Kohleneintrittsende befürchtet werden muß, ist hier also vermieden[1]). Wie die Untersuchung des gewonnenen Urteers ausweist, findet eine Überhitzung an der heißen Trommelwand, die von den Kohlen freigelassen wird, nicht in nennenswertem Maße statt

Bei dieser Doppeltrommel ist ferner eine Neuerung vorhanden, die das Einblasen von Wasserdampf zum Schwelraum unter gleichzeitiger Ausnutzung seines Wärmeinhaltes ermöglicht (teilweise durchgeführte Innenheizung). In den Mantel des Absaugestutzens am obern Ende wird überhitzter Dampf von 400 bis 500 °C eingeführt, wodurch vorzeitige Niederschläge hochsiedender Teeranteile vermieden werden. Dieser Dampf wird durch selbsttätig durch die Drehung der Trommel gesteuerte Kugelventile in flache, hohle Leisten übergeführt, die längs der Innenseite der äußeren Trommel im Schwelraum angeordnet sind und die gleichzeitig das Bewegen (Wenden) des Gutes unterstützen (Wendeleisten). Die Ventilsteuerung ist so eingestellt, daß nur jeweils die unten liegenden und in Kohlen eingetauchten Wendeleisten mit Dampf beschickt werden. Dieser tritt durch entsprechend verteilte Löcher aus, gibt beim Durchstreichen der Kohlen einen Teil seiner fühlbaren Wärme ab, um dann mit den Schwelgasen zur Kondensation zu gehen. Die Vorteile der Dampfeinblasung — Herabsetzung des Teildrucks der ausgetriebenen flüchtigen Schwelerzeugnisse sowie ihre Schonung bei gleichzeitigem Erhöhen des Dampfzusatzes — dürfen als bekannt vorausgesetzt werden. In vorliegendem Fall wurde Abdampf der Antriebmaschinen benutzt. Wie die später folgenden Versuchsberichte zeigen, hat sich diese Ein-

[1]) Brennstoff-Chemie Bd. 5. (1924) S. 287 u. 388.

Abb. 4. Arbeitsvorgang einer Schwelanlage, Bauart der Kohlenscheidungs-G. m. b. H.

RZ283Z+

a Kohlenbunker unter dem Bahngleis
b Hängebahn
c Kohlenbunker über dem Schwelofen
d Schwelofen mit Schweltrommel
e Becherwerk für Halbkoks
f Halbkoksbrecher
g Schüttelrutschen
h Wage für Halbkoks
i Halbkoksbunker über Gaserzeugern
k Bunker für Halbkoksüberschuß
l Halbkoksabfuhr
m Gaserzeuger mit Dampferzeugern
n Lüfter
o Verbrennungsluftgebläse
p Verbrennungsraum
q Schwelgase zur Kondensation
r Dampfüberhitzer
s Umlauflüfter
t Schornstein
u Umlaufkanal.

richtung zur Beherrschung von stark backenden und blähenden Kohlen bestens bewährt. Allerdings sollte nicht übersehen werden, daß dort, wo Frischdampf benutzt werden muß, dieser ein verhältnismäßig teures Schwelmittel ist, so daß eine gewisse günstige Grenze im Zusatz nicht überschritten werden darf. Bei manchen Kohlen kann die Dampfzufuhr auch ganz unterbleiben.

Neben richtiger Ausbildung der Schweleinrichtung an sich ist noch die Durchbildung der Heizung, unter klarer Erkenntnis der hier vorliegenden physikalischen Gesetze, für die Wirtschaftlichkeit jedes Schwelverfahrens von ausschlaggebender Bedeutung. An sich liegt bei der Heizung der Trommel (überhaupt jeder Schweleinrichtung ganz allgemein) ein grundsätzlicher Widerspruch in der Forderung nach Einhaltung der zulässigen Schweltemperatur von höchstens etwa 600 °C einerseits und dem Wunsche nach höchstem Wärmewirkungsgrad bei der Verbrennung der Heizgase anderseits. Bekanntlich ist dieser nur zu erreichen, wenn mit nahezu theoretischem Luftzusatz gearbeitet wird. Eine so betriebene Gasfeuerung (eine andere wird für die Heizung von Schwelanlagen kaum in Frage kommen) ergibt aber Verbrennungstemperaturen von 1300 bis 1400 °C. Um auf die zulässige Heiztemperatur herabzukommen, hatte man bisher viel überschüssige Luft zugesetzt. Hierdurch ergaben sich aber außerordentlich große Abgasverluste, so daß der Unterfeuerungsbedarf in der Schwelerei, verglichen mit Ergebnissen bei neuzeitlichen Kokereien, verhältnismäßig hoch war. Daneben ist zwangläufig mit der Verwendung von hohem Luftüberschuß ein erhöhter Sauerstoffgehalt der Rauchgase und damit die Möglichkeit des Angriffs auf die Trommelwände gegeben.

Diese Schwierigkeiten sind bei der Karnaper Anlage durch Einführung der Umlauffeuerung mit Erfolg vermieden worden, Abb. 4. Das Wesen dieser Heizart ist dadurch gekennzeichnet, daß zum Herabsetzen auf die zulässige Heiztemperatur die heißen Verbrennungsgase der mit günstigstem Luftüberschuß betriebenen Gasfeuerung mit den etwa 300 °C heißen Abgasen vom Fuße des Kamins vermischt werden. Durch einen Ventilator wird eine gewisse Menge Rauchgas stetig in Umlauf gehalten, das durch Zusatz heißer Feuerungsgase immer wieder auf die gewünschte Heiztemperatur gebracht wird. Durch eine Regelklappe entweicht dann im Kamin nur die bei der Verbrennung unvermeidlich entstehende zusätzliche Gasmenge. Hierdurch wird es möglich, im Dauerbetrieb bei Verwendung von Generatorgas mit etwa 16 vH Kohlensäuregehalt im Rauchgas zu arbeiten. Die Heizgase sind praktisch sauerstofffrei, eine Nachverbrennung findet also nicht statt, so daß trotz der für Eisen hohen Heiztemperatur eine lange Lebensdauer der Trommel erwartet werden kann.

Abb. 5. Schwelanlage für Zeche Mathias Stinnes I/II. Erbaut von

Dieses zwangläufige Umwälzen der Heizgase hat ferner den Vorteil, daß die für die günstigste Wärmeübertragung gewünschte Gasgeschwindigkeit jeweils beliebig eingestellt werden kann, was in Anbetracht des an sich zur Verfügung stehenden geringen Temperaturgefälles von großer Bedeutung ist.

Nachdem nun die allgemeinen und zum Teil neuen Leitgedanken, die beim Bau der Karnaper Anlage zugrunde gelegt wurden, erläutert sind, möge eine kurze Beschreibung der Anlage, Abb. 5 bis 9, folgen.

Die zur Verschwelung gelangenden Kohlen werden auf einem neu angelegten Hochgleise der Zechenbahn angefahren, in einem Betonbunker von 250 t Fassungsvermögen, der unter dem Gleis im Eisenbahndamm angeordnet ist, unmittelbar entladen, um durch Ablaufschurren je nach Bedarf in staubdichte Fördergefäße mit Bodenentleerung abgezapft zu werden. Diese Kübel werden mit einer Hängebahn zu einem Hochbunker befördert, auf den sie beim Entleeren staubdicht aufgesetzt werden und der über dem Trommeleintritt in einem Eisengerüst hängt. Vom Hochbunker aus werden die Kohlen durch eine genau einstellbare drehtellerartige Zumeßvorrichtung in die Innentrommel eingeführt. Über dem Hochbunker für die Schwelkohlen befinden sich ein kleinerer Behälter mit Verbindung zur Zumeßvorrichtung damit den Kohlen in beliebigem Verhältnis geeignete Stoffe zugemischt werden können.

In der Innentrommel wandern die Kohlen in der bereits geschilderten Weise mittels eingebauter Schneckengänge nach oben, um dann nach Übertritt in die Außentrommel, wieder abwärts

Abb. 6. Schwelanlage Bauart KSG auf Zeche Mathias Stinnes I/II. Gaserzeuger, Hängebahn und Betonbunker im Bahndamm, Ansicht in der Pfeilrichtung, Abb. 5.

der Kohlenscheidungs-Gesellschaft m. b. H., Berlin. Längsschnitt.

gehend, verschwelt zu werden. Der heiße Halbkoks verläßt am unteren Ende die Drehtrommel und wird mittels einer mit Wasser gekühlten Zellenradschleuse in ein Becherwerk übergeführt, das ihn auf eine Plattform über dem vorhin erwähnten Bunkergerüst befördert. Dort gelangt er in einen Brecher, der die großen zusammengebackenen Stücke auf ein für den Gaserzeugerbetrieb gewünschtes Maß zerkleinert.

Bisher wurde der Halbkoks im Becherwerk in üblicher Weise naß gelöscht. Hierbei wurde aber besonders bei großen Stücken nur die Oberfläche beeinflußt, starkes Nachschwelen und häufiges Nachverbrennen konnten daher nicht vermieden werden, und die starke Wasseraufnahme machte den Halbkoks sowohl der Form als auch der Güte nach schlecht verwertbar. Infolgedessen wurden die bisher in der Trockenkühlung des Garkokses mit heizwertlosen Gasen vorliegenden Erkenntnisse der Kohlenscheidungs-Gesellschaft auch auf den Halbkoks übertragen. Wegen des geringen zur Verfügung stehenden Wärmegefälles wird auf eine Nutzbarmachung der hierbei freiwerdenden Abwärme verzichtet; jedoch wird zur Vereinfachung der Anlage nur der grobstückige Halbkoks unmittelbar gekühlt, da die Erfahrung gezeigt hat, daß der feinkörnige Anteil (in einem entsprechenden Behälter dicht gelagert) sich selbst erstickt. Der vorgebrochene heiße Halbkoks rutscht aus dem Brecher in eine Klassiertrommel, die das Feingut (0 bis 10 mm) ausscheidet. Dieses wird von einer Förderschnecke zu dem zylindrischen Feinkoksbehälter gebracht, der von offenen Rohren durchzogen ist. Durch die schornsteinartig wirkenden Rohre streicht Luft und kühlt den heißen Feinkoks, der aus dem Behälter nach Bedarf entnommen werden kann.

Der heiße Grobkoks (10 bis 90 mm) rutscht aus der Klassiertrommel durch einen Aufsatz in den Grobkoksbehälter, wo er durch nicht brennbare umlaufende Gase gekühlt wird. Die erwärmten Gase werden in einem Rieselkühler abgekühlt. Der gekühlte Grobkoks wird von einem Hängebahnkübel entweder in den Bunker des zum Schwelbetrieb gehörigen Gaserzeugers oder in einen Vorratsbunker befördert, aus dem er durch ein Förderband zu einer Zentralgenerator-Anlage kommt, die zur Erzeugung von hochwertigem Generatorgas für eine in der Nähe liegende Glasfabrik dient.

Zu erwähnen ist noch, daß der Antrieb der Drehtrommel mittels Übersetzungsgetriebe durch eine kleine, schnelllaufende Kolbendampfmaschine von Bohn & Kähler, Kiel, betätigt wird, die sich für die vorliegenden Zwecke gut bewährt. In gleicher Weise wird der Ventilator für den Umlauf der Heizgase unmittelbar angetrieben. Maßgebend hierfür war die gute Regelbarkeit der Umlaufzahl und die Möglichkeit, den Abdampf nach seiner Überhitzung zur Schwelung zu benutzen.

Die Heizung wird mit Gas durchgeführt, das aus Halbkoks in zwei MAN-Gaserzeugern gewonnen wird; einer davon dient als Rückhalt. Die Gaserzeuger stehen unter dem Hochbunkergerüst, so daß der heiße Halbkoks aus der Klassiertrommel unmittelbar dorthin überführt werden kann. Die Kondensation der flüchtigen Schwelerzeugnisse sowie die Benzinauswaschung erfolgt in bekannter Art und Weise in den üblichen Einrichtungen.

Abb. 7. Trommelkopf der Doppeltrommel.

Abb. 8. Schwelanlage der Zeche Mathias Stinnes I/II. Blick auf die Schweltrommel.

Betriebsergebnisse.

In der oben beschriebenen Anlage werden vorwiegend Staubkohlen der Zeche Matthias Stinnes I/II in Karnap, die bei der trockenen Aufbereitung der Kohlen durch Absaugung gewonnen werden, durchgesetzt. Es sind stark backende und blähende Gasflammkohlen, die durch folgende Werte gekennzeichnet sind:

K u r z a n a l y s e :

3,0 vH H_2O
25,0 „ flücht. Bestandt.
14,8 „ Asche

} Die Schwelkohlen halten sich stets mit kleineren Abweichungen in diesen Grenzen.

E l e m e n t a r a n a l y s e (bez. auf trocknen, aschenhaltigen Brennstoff).

15,31 vH Asche	4,39 vH H_2	1,64 vH S. (gesamt)
71,59 „ C	1,46 „ N_2	5,84 „ O_2

der obere Heizwert beträgt 6671 kcal (feucht. Brennstoff, durch Versuch ermittelt,

der untere Heizwert beträgt 6417 kcal (feucht. Brennstoff, durch Versuch ermittelt),

Die Feinheit des durchgesetzten Staubes war im Mittel folgende:

Maschenzahl des Siebes	Rückstand in vH	Maschenzahl des Siebes	Rückstand in vH
900	36,6	2500	59,8
1100	40,0	3000	62,7
1400	49,0	4000	64,2
2000	57,4	4900	75,0

Die S c h w e l a n a l y s e obiger Kohlen im 20 g-Aluminiumapparat nach F i s c h e r ergab folgende Werte:

5,8 vH Teer,
83,0 vH Halbkoks,
58,0 m³ Gas bei 0 °C und 760 mm Q.-S. je 1 t Schwelkohle.

Unter Benutzung der beschriebenen Einrichtung bestehen für die Schwelung folgende verschiedene Durchführungsmöglichkeiten:

a) Kleine Umlaufzahl der Trommel, d. h. langsamer Durchsatz bei verhältnismäßig großer Schütthöhe in der Trommel;

b) große Umlaufzahl, d. h. rascher Durchsatz mit häufiger Umwälzung bei niedriger Schütthöhe;

c) wechselnder Dampfzusatz;

d) wechselnder Zusatz an inerten, d. h. magernden Stoffen;

e) wechselnder Dampfzusatz unter Zugabe inerter Stoffe.

Bei der Verschwelung der oben geschilderten Staubkohlen hat es sich als am günstigsten erwiesen, wenn die Trommel eine Umdrehung in 90 s macht. Bei dieser Umlaufzahl bleiben die Kohlen rd. 2½ h in der Innen- und Außentrommel.

Der günstigste Dampfzusatz liegt in vorliegendem Fall bei rd. 5 vH Zugabe von überhitztem Dampf von rd. 400 bis 500 °C und 0,5 at. Man darf damit nicht allzuweit gehen, da sonst die Dichte des Halbkoks zu sehr vermindert wird und damit die sonstigen Vorteile (erhöhter Durchsatz, niedrigere Schweltemperatur usw.) aufgehoben oder in ihrem Werte stark heruntergedrückt werden würden.

Der Zusatz von inerten Stoffen wie Halbkoks, Abrieb von Gaskoks und dergl. hat den mehrfachen Zweck, einerseits die Unannehmlichkeit einer lästigen Backfähigkeit auf den günstigsten Wert zu bringen und anderseits die Halbkoksdichte, den Kohlendurchsatz und die Teerausbeute zu erhöhen[1]).

Je nach der Größe der Zumischung, wie überhaupt je nach der Art der gewählten Arbeitsbedingungen, hat die Trommel der Kohlenscheidungs-Gesellschaft in je 24 h 60 bis 80 t des gekennzeichneten Kohlenstaubes (ohne Beimischung gerechnet) durchgesetzt. In Anbetracht der Tatsache, daß das vorliegende Schwelgut die denkbar schlechtesten Eigenschaften aufweist, müssen diese im D a u e r b e t r i e b erhaltenen Durchsatzzahlen, die durch Wägen der angelieferten Kohle ermittelt wurden, als recht günstig bezeichnet werden. Bei nichtbackenden Kohlen werden diese Zahlen um ein Erhebliches überschritten werden. Jedenfalls entkräften diese Ergebnisse die von S p e e r[2]) erst jüngst vertretene Ansicht, daß die Tieftemperatur-Verkokung nur noch für die Verarbeitung von schlecht- oder nichtbackenden bituminösen Kohlen in Frage kommt.

Die Verschwelung von trocken abgesaugtem Kohlenstaub ist im vorliegenden Fall insofern als Fortschritt zu bezeichnen, als es gelingt, aus diesem aschereichen Brennstoff, der sich weder auf dem Rost noch als Kokskohle verbrauchen läßt, eigentlich nur für Kohlenstaubfeuerungen Verwendung finden kann und deshalb als der Form nach minderwertig zu bezeichnen ist, einen s t ü c k i g e n Brennstoff zu machen, der trotz seines hohen Aschengehaltes gute Verwendung als Hausbrand, Gaserzeugerbrennstoff oder für sonstige industrielle Zwecke findet.

Die A u s b e u t e z a h l e n bei Verschwelung von Staubkohlen der Zechen Matthias Stinnes /I!II (aus dem Monatsmittel bestimmt) sind (bez. auf trockene Kohlen) folgende:

82,0 vH Halbkoks,
5,05 vH Urteer, wasserfrei, d. s. rd. 87 vH des theoretischen Ausbringens,
davon 0,8 vH Benzin,
0,43 vH Gasbenzin,
0,48 vH Dickteer,
69 m³ Schwelgas auf 1 t trockene Kohlen.

Vorstehende Zahlen wurden bei der Verschwelung mit rd. 5 vH Dampf unter Zusatz von 10 vH Feinhalbkoks von 0 bis 10 mm (aus der Halbkoksaufbereitung) und bei einer Drehzeit von 90 s für 1 Umdrehung erhalten.

Die Rauchgase, die die Trommel umspülten, zeigten durchschnittlich Temperaturen von 600 bis 700 °C, wobei je nach Bedarf gewisse Zonen der Trommel stets auf einer b e s t i m m t e n Temperatur erhalten wurden, was sich dank der Eigenart der Umlauffeuerung leicht erreichen läßt. Besonders günstig ist es, die Stelle der Trommel, an der die vorerhitzten Kohlen aus der Innentrommel in die Außentrommel fallen, besonders kräftig zu heizen, damit der Zustand der Erweichung der einzelnen Kohlenteilchen möglichst rasch überschritten wird. Ein so hergestellter Koks

[1]) F i s c h e r und K r ö n i g, Brennstoff-Chemie 1924, S. 301. (Die Großversuche in dieser Richtung waren in Karnap bereits vor dieser Veröffentlichung durchgeführt.) [2]) Mech. Engg. 1924 S. 329.

ist härter als einer, der nur durch allmähliche Steigerung der Temperatur gewonnen wird. In der Außentrommel wurden Temperaturen von 500 bis 530 °C ermittelt (Durchleiten von kristallisierten Körpern mit bekanntem Schmelzpunkt).

Versuchsweise wurden auch mehrere hundert Tonnen Nußkohle V einer noch stärker backenden und blähenden Gasflammkohle der Zeche Ver. Welheim durchgesetzt, deren durchschnittliche Kurzanalyse folgende Werte zeigte:

8,5 vH H_2O,
3,9 vH Asche,
32,1 vH flüchtige Bestandteile.

Die Urteerausbeute erhöhte sich dabei auf 7,8 vH, während die übrigen Werte etwa die gleichen blieben. Infolge der starken Backfähigkeit der Kohlen sank der Durchsatz um rd. 15 vH.

Desgleichen wurden Versuche ausgeführt, sowohl Staubkohlen als auch gebrochene Förderkohlen und Nußkohlen V unter Zusatz von gewaschener und ungewaschener Magerfeinkohle zu verschwelen. Die Teer- und Gasausbeute stieg durch diesen magernden Zusatz um ein Geringes, desgleichen der Durchsatz. Dagegen verschlechterte sich die Güte des Halbkokses beträchtlich, d. h. seine Härte und sein Schüttgewicht nahmen rasch ab, so daß von einer Fortführung der Versuche abgesehen wurde.

Der aus Staubkohlen gewonnene Halbkoks ist gut in sich verbacken und verhältnismäßig hart. Bei 0 vH Wasser, 18,6 vH Asche und 9,3 vH flüchtigen Bestandteilen zeigt er folgende Zusammensetzung in vH:

18,61 Asche,
73,98 C,
2,85 H_2,
1,35 N_2,
1,44 Gesamtschwefel,
1,77 O_2,

oberer Heizwert 6563 kcal, unterer Heizwert 6410 kcal } durch Versuch ermittelt.

Abb. 9. Schwelanlage der Zeche Mathias Stinnes I/II. Gesamtansicht.

Durch die bereits geschilderte Trockenkühlung mit vorheriger Aufbereitung erhöhte sich die Grobkoksausbeute nicht unwesentlich. Während bei der Wasserlöschung rd. 58 vH über 10 mm und rd. 42 vH unter 10 mm auftraten, erhält man nunmehr im ungünstigsten Fall rd. 70 vH Grobkoks von 10 bis 90 mm und nur 30 vH Feinhalbkoks von 0 bis 10 mm, d. h. die Erkenntnisse, die man schon seither bei den Trockenkoks-Kühlanlagen für Hochtemperaturkoks feststellen konnte (Abriedverminderung), zeigten sich hier sogar in erhöhtem Maße.

Ein trocken gekühlter Halbkoks (mit 0 vH H_2O) aus Staubkohlen (mit 5 vH Dampf und 10 vH Feinhalbkokszusatz hergestellt) zeigt folgende Schüttgewichte:

Grobkoks . . . 400 kg/m^3
Feinkoks . . . 600 „

Diese Zahlen überschreiten die von Thau genannten erheblich, er gibt für den mit einer Koksgabel ausgegabelten feuchten Grobkoks 246 kg/m^3 an.

[B 283] (Schluß folgt.)

Die Verwendung der Steinkohlenschmieröle im Bergbau.

Gegenüber dem Jahre 1913 ist der Verbrauch Deutschlands an Schmiermitteln aus Erdöl um 20 vH gestiegen und belastet besonders nach Aufhebung des Verbotes der freien Einfuhr von Erdölen im Jahre 1920 unsre Einfuhr. Obgleich die Bestrebungen, aus heimischen Rohstoffen Schmiermittel zu erzeugen, Jahre gewährt hatten, waren solche Schmiermittel doch nur wenigen vertraut geworden. Sie wurden daher als unerwünschte Kriegsersatzmittel fast überall aus den Betrieben entfernt. Als Gründe für die Abneigung gegen die Steinkohlenschmieröle werden der unangenehme Geruch nach Teer, die schädliche Einwirkung auf die Haut, die geringe Kältebeständigkeit und die mangelnde Schmierfähigkeit und ferner die Eigenschaft, bei Mischungen mit Erdöl Ausscheidungen hervorzurufen, geltend gemacht.

Bei Prüfung dieser Punkte findet man, daß sich fast keine der genannten Erscheinungen unmittelbar aus dem Rohstoff ergibt. Auch bei einem gut verarbeiteten Teeröl verschwindet der Geruch nicht vollständig, jedoch dürfte diese Eigentümlichkeit keine wesentliche Rolle spielen. Der teerverarbeitenden Industrie wird es wohl in nicht allzu langer Zeit gelungen sein, helle, nicht nachdunkelnde und ziemlich geruchlose Schmieröle herzustellen. Die mangelnde Kältebeständigkeit dieser Teeröle läßt auch heute noch viele an ihrem Erfolg zweifeln. Die Ausscheidungen von Anthrazen sind an sich ungefährlich, da sie keine harten, sondern im Lager leicht zerreibliche, sich unter dem Einfluß der Wärme auflösende Kristalle bilden. Chemisch sind sie ein wesentlicher Bestandteil des Teerfettöles. Zu Betriebstörungen können die Ausscheidungen führen, wenn das Öl in Tropfölern Verwendung findet. Das Fehlen der Kältebeständigkeit ist jedoch kein unvermeidbares Übel, sondern wird in erster Linie durch die ungenügende Sorgfalt bei der Herstellung hervorgerufen.

Im Kriege wurde von unlauteren Kreisen aus leichten Teerölen durch Zusatz von großen Pechmengen ein sogenanntes Schmieröl hergestellt und dadurch das Teerfettöl in Verruf gebracht. Auch heute noch verdienen viele Öle den Namen eines Schmiermittels nicht. Die vom Verein deutscher Eisenhüttenleute aufgestellten Richtlinien verlangen von einem Steinkohlenschmieröl eine Viskosität von etwa 3 Englergraden, einen Flammpunkt im offenen Tiegel von mehr als 150 °C, einen Stockpunkt von weniger als 10 °C, Satzfreiheit bei 0 °C und die Abwesenheit größerer Phenolmengen.

Die Verwendung von Teeröl ist im Bergbau am verbreitetsten bei Förderwagen in der Form des Förderwagen-Spritzfettes, wobei günstige Erfahrungen gemacht wurden. Von den Starrfetten sind die aus Erdöl erzeugten Maschinen- oder Staufferfette auf allen Zechen der Rheinischen Stahlwerke fast vollständig durch Fette aus Teerölen ersetzt. Mit Ausnahme der Fette für Lager lassen sich alle mit Staufferbüchsen ausgerüsteten Schmierstellen mit Starrschmiere aus Teeröl durchaus betriebsicher schmieren.

Über die Verwendung des eigentlichen Öles ist folgendes zu bemerken: Die Gemeinschaftsstelle für Schmiermittel beim Verein deutscher Eisenhüttenleute hat die Bezeichnung Teerfettöl durch Steinkohlenschmieröl ersetzt. Bei Dampfzylindern, den Luftzylindern, den Kompressoren und der Zentralschmierung der Turbinen kann dieses Öl nicht verwendet werden. Alle übrigen Schmierstellen jedoch lassen sich durchaus betriebsicher damit schmieren. Wenn die Einführung in der Praxis nicht so weit gegangen ist, so sprechen andere Gründe mit. Die ganz schnell laufenden Turbosauger der Kokereien z. B. können, wie angestellte Versuche gezeigt haben, mit Teeröl geschmiert werden, aber es schien hier zweckmäßig zu sein, wieder zur Erdölschmiere zurückzukehren, da die Lagertemperatur, auch bei Erdöl, dauernd nahe bei der für Teeröl kritischen Temperatur lag. Bekanntlich ist der Viskositätsabfall des Steinkohlenschmieröles wesentlich steiler als der

des Erdöles. Lagertemperaturen von 70 °C lassen sich deshalb mit der hier gebräuchlichen Viskosität von 3 Englergraden bei 50 °C nicht mehr vereinigen.

Weiterhin ist auf den Rheinstahlzechen von der Schmierung der Bohrhämmer und der übrigen Arbeitsmaschinen unter Tage abgesehen worden, weil das Schmieröl bei der üblichen Arbeitsweise stark umherspritzt und die besonders empfindliche Haut des Hauers reizt. Wenn die Verwendung von Teerölen unter Tage heute auch bei andern Maschinen noch beschränkt ist, so liegt dies an der wesentlich schwierigeren Überwachung. Die Gefahr einer Mischung der beiden unverträglichen Öle ist zu groß, als daß man die Betriebsicherheit oder den reibungslosen Gang der Förderung dadurch aufs Spiel setzen möchte.

Andere Gründe stehen der Verwendung des Steinkohlenschmieröls unter Tage nicht entgegen. Bedenkt man, daß z. B. im Betriebe der Zeche Centrum 1/3, abgesehen vom Förderwagenfett, rd. 75 vH aller Schmiermittel unter Tage verbraucht werden, so leuchtet ein, daß eine planmäßige Überwachung der Haspel, Schüttelrutschen usw. zur restlosen Durchführung der Teerschmierölung durchaus lohnen würde. Alle sonstigen einfachen Schmierstellen, wie Transmissionen, Weichen, Aufzüge, Kettenbahnen, Becherwerke usw. lassen sich ohne weiteres mit Teeröl schmieren, wobei man meistens gut arbeitende Ringschmierlager verwendet. Die Belastung ist nicht übermäßig hoch. Bei den Schmierstellen der eigentlichen Maschinen lohnt es sich, schon zur Erweckung des Sicherheitsgefühles Versuche anzustellen. Auf den Rheinstahlzechen werden grundsätzlich alle Maschinen mit Steinkohlenschmieröl geschmiert, was natürlich nicht ausschließt, daß die eine oder andere Stelle aus besonderen betrieblichen Gründen noch Erdölschmierung verwendet. Nach den vorliegenden Erfahrungen läßt sich das Steinkohlenschmieröl völlig gefahrlos bei den Hauptlagern, Kreuzköpfen, Fingerlagern usw. der Fördermaschinen, der Kompressoren, der Ausdrückmaschinen, Pumpen usw. benutzen. Vor einigen Monaten ist auf der Zeche Centrum 2/5 bei einem Hochdruckkompressor die Umlaufschmierung, die alle Schmierstellen mit Ausnahme der Luftzylinder bedient, mit Steinkohlenschmieröl gefüllt worden und läuft seitdem ohne jede Beanstandung. Auch die Elektromotoren werden seit Jahren fast sämtlich mit Steinkohlenschmieröl geschmiert. Gerade die Versuche an den Elektromotoren haben den hohen Schmierwert dieses Öles bewiesen. Bei einem dreimonatigen Dauerversuch an einem Motor von 165 PS und 1000 Uml./min zeigten die Lagertemperaturen bei Verwendung von bestem Erdölraffinat und 20 °C Raumtemperatur am Antrieblager 58 °C, am Kollektorlager 49 °C. Nach Ersatz des Erdöles durch Steinkohlenschmieröl sank die Temperatur sofort und zwar auf 48 °C am Antrieblager und auf 40 °C am Kollektorlager. In den ganzen drei Monaten wurde trotz steigender Außentemperatur die bei Erdöl gemessene Höchsttemperatur niemals erreicht. Unter Berücksichtigung der wirklichen Lagerreibung, d. h. der gemessenen Lagertemperatur abzüglich der Raumtemperatur, wurden die Ergebnisse im Laufe der Zeit sogar noch günstiger, so daß vorübergehend ein Temperaturabfall von 20 °C, am Schluß der drei Monate noch von 16 °C festgestellt werden konnte. Diese Erfolge waren derart überzeugend, daß heute nicht nur die Motoren der Gruben, sondern auch die der Hütten- und Walzwerke ununterbrochen mit Steinkohlenschmieröl laufen. Der Öl- und Fettbedarf der Zechen wird jetzt zu 60 bis 80 vH durch Teererzeugnisse gedeckt. An erster Stelle steht die Schachtanlage Centrum 2/5 mit mehr als 80 vH. Der Gesamtverbrauch der Rheinischen Stahlwerke an Steinkohlenschmieröl, das im eigenen Betrieb hergestellt wird, und aus Teerölen hergestellten Starrfetten beträgt zurzeit monatlich 120 t (70 t Fette und 50 t Öl).

Den heimischen Schmiermitteln muß daher wieder größere Beachtung geschenkt werden und die Teer verarbeitende Industrie muß sich angesichts der überaus rührigen ausländischen Erdölindustrie mit erhöhtem Eifer der Verbesserung der Teeröle für Schmierzwecke zuwenden. Die Industrie würde dadurch in der Lage sein, im Laufe der Zeit auch die wenigen anspruchsvolleren Maschinen mit deutschem Schmieröl zu versorgen. („Glückauf" Bd. 61 (1925) S. 305.) [N 420] Gw.

Betriebsergebnisse der englischen Coalite-Schwelanlage.

Im „Glückauf" vom 21. März d. J. gibt Dr.-Ing. A. Thau einen Bericht über Versuchs- und Betriebsergebnisse der englischen Coalite-Gesellschaft bei der Tieftemperaturverkokung von Steinkohlen. Die ursprünglich im ersten Jahrzehnt des Jahrhunderts errichtete Anlage mit stehenden Retorten von eiförmigem Querschnitt hatte man zugunsten einer gemauerten, einem senkrechten Koksofen ähnlichen Retorte verlassen. Nach den neuesten Berichten hat man jedoch auch diese Retorte, die während mehrerer Jahre als die vollkommenste Bauart bezeichnet wurde, aufgegeben und sich wieder der gußeisernen Retorte zugewandt. Damit ist man zu der ersten von Parker bereits im Jahre 1908 angegebenen Rohrbündelretorte zurückgekehrt. Jede Retorte besteht aus zwölf Rohren von 2745 mm Länge und 140 mm unterer, 105 mm oberer lichter Weite, so daß sich jedes einzelne Rohr nach oben um 35 mm verjüngt. Die Rohre sind unabhängig von einander gegossen und nur an den beiden Enden oben verbunden; u. zw. durch ein Mundstück zur gemeinschaftlichen Aufnahme der Kohlen und zur Abführung der Gase durch einen seitlichen Stutzen; unten vereinigen sich die Rohre in einem Rahmen, der durch eine Drehtür geschlossen wird und den Halbkoks in eine unter dem Ofen angeordnete Kühl- und Löschkammer fallen läßt. Je zwei Reihen liegen nebeneinander und zwar so, daß die Rohre einer Reihe den Zwischenräumen der anderen gegenüberstehen und so allseitig von den dazwischentretenden Heizgasen umspült werden.

Nach kurzer Erprobung dieser Retorte hat man sich nochmals für eine andere Form entschieden, die zwar im Grundgedanken mit der beschriebenen übereinstimmt, jedoch nur aus einer Reihe von fünf eiförmigen Rohren besteht. Über die Größe der Rohre werden keine Angaben gemacht; es wird nur mitgeteilt, daß sie sich ebenfalls nach oben verjüngen, und daß ihr Gesamtfassungsraum demjenigen der Zwölfrohrretorte entspricht.

Die Retorten werden von den Seiten her wie Koksöfen geheizt und durch ein gelochtes Steinfutter vor der unmittelbaren Einwirkung von Stichflammen geschützt.

Das die Retorte oben verlassende Schwelgas gelangt in eine Vorlage und wird durch Luftkühler hindurch von einem Gassauger angesaugt, durch einen Teerscheider und eine Ölwäsche gedrückt und dann in einem Gasbehälter von 707 m³ Inhalt gesammelt. Das darin mit Generatorgas gemischte Schwelgas dient zum Heizen der Retorte.

Die in Barugh bei Barnsley erbaute, bisher einzige Anlage besteht aus einer Gruppe von 32 Retorten, die in zwei Reihen zu je 16 in einem Mauerwerkblock vereinigt sind. Die Anlage bietet, wie Thau ausführt, an sich nicht bemerkenswertes, jedoch bedeutet die Rückkehr zur Verschwelung in so engen Rohren einen neuen Schritt im Retortenbau, bei der ein zwar verhältnismäßig nur geringer Durchsatz, aber eine gleichmäßige Koksbeschaffenheit erhalten wird.

Da den Ergebnissen der Tieftemperatur-Verkokungsanlagen vielfach Zweifel entgegengebracht worden sind, hat sich das staatliche englische Brennstoff-Forschungsinstitut dazu entschlossen, unter der Aufsicht seines Leiters die Durchführung von Leistungsversuchen kostenlos zu übernehmen und die Ergebnisse zu veröffentlichen. Zahlentafel 1 gibt einen Vergleich der versuchsweise ermittelten mit den im Betrieb erreichten Ergebnissen. Außer den tatsächlichen Betriebzahlen sind in der Zahlentafel auch die auf Trockenkohle umgerechneten Werte angegeben. Die Angaben beziehen sich auf 1 t durchgsetzter Kohlen.

Zahlentafel 1. Versuchsergebnisse, bezogen auf 1 t durchgesetzter Kohlen.

	Betriebsergebnisse		Versuchsbetriebsausbeute auf Trockenkohle bezogen	Unterschied von Spalte 2:3 in vH
	mit 5,2 vH Wasser	auf Trockenkohle bezogen		
	1	2	3	4
Halbkoks . . . . . kg	707,78	746,38	755,00	— 1,14
Schwelgas . . . cbm	159,05	167,82	116,17	+ 44,46
Urteer l	84,72	87,09	126,99	— 31,42
Gaswasser l	118,30	47,64	45,82	+ 3,97
Schwefelammonium kg	6,15	6,49	3,95	+ 64,30

Der gekühlte Halbkoks fiel meist stückig in 50 bis 75 mm Größe an. Er hatte eine dunkelgraue Farbe mit geringem Silberglanz. Der Anteil an Kleinkoks und Asche unter 12,5 mm Stückgröße war verhältnismäßig gering und belief sich auf 4,67 vH, bezogen auf die Koksausbeute. Den Anteil der verschiedenen Stückgrößen ergibt die folgende Übersicht:

Stückgröße mm	vH
über 50	55,4
unter 50 über 25	39,8
„ 25 „ 12,5	1,8
„ 12,5 „ 6	1,0
„ 6	2,0

Zum Schluß weist Thau darauf hin, daß bei der Stadt Nottingham eine große Coalite-Anlage in Verbindung mit der Gasanstalt erbaut wird. Die Städtische Gasanstalt hat sich verpflichtet, für eine Reihe von Jahren mindestens 56 600 m³ Schwelgas täglich abzunehmen. Eine weitere Coalite-Anlage soll in Yorkshire erbaut werden, in der täglich 1000 t Kohle durchgesetzt werden sollen. Das „Coalite" hat in London schnell Eingang als Brennstoff für den Hausbedarf gefunden. („Glückauf" Bd. 61 (1925) S. 335.) [N 437]

Die Verschwelung der minderwertigen Brennstoffe und ihre Zukunftsaussichten.

Von Dr.-Ing H. R. Trenkler, Berlin.

Begriff der Verschwelung und ihre Stellung unter den Verfahren der Brennstoffveredelung. Bedeutung des Verfahrens für die Auswertung der minderwertigen Brennstoffe. Vorbedingungen für die Bildung eines brauchbaren Halbkokses. Möglichkeiten der Halbkoksverwendung. Übersicht der Schwelverfahren. Wärmetechnik. Wirtschaftlichkeit. Ausblick.

Begriff der Verschwelung und ihre Stellung unter den Verfahren der Brennstoffveredelung.

Unter „Schwelverfahren" sollen im folgenden alle Destillationsverfahren verstanden werden, die bei Temperaturen unter 500 °C stattfinden, bzw. eine Wärmebehandlung, bei der nur die leichtflüchtigen Bestandteile einschließlich des Teeres ausgetrieben werden. Die Bezeichnung „Schwelen" ist bisher nur in Mitteldeutschland bei der Destillation der Braunkohlen üblich gewesen, die in erster Linie auf die Gewinnung des Teeres gerichtet war und bei der auf die Einhaltung der Temperatur kein wesentliches Gewicht gelegt werden konnte, weil die Betriebsbedingungen außerordentlich schwierig sind. Im übertragenen Sinne wurde die Bezeichnung bisher auch für die Verarbeitung von Ölschiefer benutzt, weil es auch dort wesentlich auf die Gewinnung des Teeres, also der flüssigen Destillationserzeugnisse ankam. Für die gleiche Art der Behandlung waren noch die Bezeichnungen: „Tieftemperaturdestillation" oder auch „Urdestillation", „Tieftemperaturverkokung" oder auch „Urverkokung" verwendet worden, doch erscheinen diese Namen keinesfalls zweckmäßig, weil hinsichtlich der Temperaturgrenze jedweder Zweifel noch unaufgeklärt und der Begriff „Ur" nicht gerechtfertigt ist.

Die zum Abtreiben der Teere und flüchtigen Kohlenwasserstoffe erforderliche Temperatur ist überhaupt bei verschiedenen Brennstoffen verschieden. Der Begriff „Schwelen", also das Abtreiben des „Schwalches" oder „Schwalmes" ist aber sprachlich völlig klar, insofern, als das Resterzeugnis bei weiterer Erhitzung Teernebel nicht mehr abgeben darf. Wir können daher unter Schwelverfahren eine solche Behandlung verstehen, die dann beendet ist, wenn die ganzen Teerdämpfe und flüchtigen Kohlenwasserstoffe entfernt sind. Gegen die verallgemeinerte Verwendung dieses Wortes dürfte daher ein Bedenken nicht bestehen. Die übliche Destillation bei hoher Temperatur würde dann zweckmäßig nicht Hochtemperaturdestillation oder Hochtemperaturkokerei genannt werden, weil beide Ausdrücke sehr schwerfällige Bezeichnungen sind, vielmehr schlage ich dafür die Bezeichnung „Garen" oder „Garverkokung" vor.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich bereits die Stellung der Schwelverfahren gegenüber den Garverfahren, die gleichfalls auf ein festes Resterzeugnis hinzielen, das aber überhaupt keinerlei flüchtige Bestandteile mehr aufweist. Hier ist also auch der restliche Wasserstoff abgespalten, so daß sich die Rückstände fast ganz dem reinen Kohlenstoff (lediglich vermischt mit Asche) nähern.

Der volle Gegensatz wird aber erst dann erkenntlich werden, wenn wir mit Hilfe der Zahlentafel 1, die nach Versuchen von Fritsche mit Pseudo-Kannelkohlen von Dinslaken aufgestellt ist, den Vorgang der Schwelung bei wechselnder Temperatur genauer betrachten. Wir sehen zunächst, daß die Teerabspaltung bei 500 °C völlig beendet ist. Die Gasabspaltung ist von dieser Temperatur ab vorwiegend eine H_2-Abspaltung, während die Bildung von Kohlenwasserstoff gleichfalls als beendet anzusehen ist. Die Bildung von CO und CO_2 scheint zwar bei 500 ° gleichfalls zu einem Stillstand gekommen zu sein, aber tatsächlich bilden sich diese Bestandteile in geringer Menge auch noch bei der weiteren Destillation. Der Hauptunterschied der Schwelung und Garung liegt eben darin, daß erstere in der vorwiegenden Abspaltung von Kohlenwasserstoffen sowohl flüssiger als auch gasförmiger Natur besteht und mit dieser bei etwa 500 °C beendet ist. Bei weiterer Steigerung der Temperatur tritt vorwiegend eine H_2-Abspaltung ein. Dies kennzeichnet auch die Analysen von Zahlentafel 2, die sich gleichfalls auf Lohberg-Kohlen von Dinslaken beziehen und die Zusammensetzung des Ausgangstoffes, des Halbkokses und des Garkokses zeigen.

Zahlentafel 1. Verlauf einer Schwelung von Steinkohlen nach Fritzsche.

bei Endtemperatur °C	425	450	475	500	525	550	575
entfallen auf 20 g							
Teer. . . g	1,15	1,74	2,10	2,42	2,40	2,45	2,43
Gas . . . cm³	210	300	580	815	1060	1340	1440
darin: CO_2 „	34	36	47	72	70	74	105
H_2 „	8	16	42	81	139	224	262
entfallen auf 100 kcal							
Teer. . . kcal	7,6	12,8	13,8	15,9	15,9	16,0	15,9
Gas . . . „	1,2	2,2	4,5	6,4	7,2	8,4	8,4

Es liegt nun die Annahme nahe, daß die Destillation bei den sauerstoffreichen jüngern Brennstoffen grundsätzlich zwar nicht anders vor sich geht, aber doch ein wesentlich anderes Bild zeigt, weil durch den großen Anteil von CO_2 und CO gegenüber den Kohlenwasserstoffen ein geringerer Heizwert des abgespaltenen Gases bedingt ist. Dies geht am besten aus Zahlentafel 3 hervor, die einige von W. Müller veröffentlichte Ergebnisse wiedergibt. Anderseits ist die Menge des abgespaltenen Gases wegen des Hinzutrittes der gasförmigen Sauerstoffverbindungen größer, und die Ausbeute an Rückstand geht zurück. Es folgt weiter daraus eine Minderung des Heizwertes im Rückstande wegen der unter Umständen eintretenden starken Anreicherung der Asche. Die Teerausbeute ist von dem durchgeführten Verfahren nur insoweit abhängig, als bei hohen Temperaturen eine Verkrackung der Teerbestandteile eintreten kann und demgemäß die Teerausbeute geringer sein dürfte. Es ist jedoch zweifellos klar, daß der Abbau des Brennstoffes, unmittelbar betrachtet, die gleiche Teerausbeute und die gleichen Teererzeugnisse liefert, gleichgültig, ob bei niedriger oder hoher Temperatur destilliert wird.

Betrachten wir nun insbesondere die minderwertigen Brennstoffe wie Braunkohlen, Holz und Torf, so ergibt sich die Tatsache, daß bei einer Garung wegen der dann wesentlich geringeren Ausbeute an Rückstand eine noch weitergehende Minderung des Heizwertes erfolgen würde, ganz abgesehen von der Tatsache, daß viele dieser Brennstoffe beim Garen keinen stückigen Rückstand ergeben. Der Heizwert des Destillationsgases würde durch den später abgespaltenen Wasserstoff nicht erhöht werden, sondern es ist auch in dieser Hinsicht eine Minderung zu erwarten. Da nach dem Gesagten die Teerausbeute geringer und die Teerbeschaffenheit eher verschlechtert wird, scheidet die Garung für die minderwertigen Brennstoffe vollständig aus. Die Garung setzt hochwertige Brennstoffe voraus. Auch von diesen sind nur diejenigen zu gebrauchen, die einen stückigen, nicht zu sehr geblähten Rückstand ergeben.

Die bei der Brennstoffveredelung angewendeten Verfahren sind jedoch wesentlich zahlreicher und sollen ebenfalls kurz betrachtet werden, damit man die Ziele klarer erkennt, die bei der Verschwelung minderwertiger Brennstoffe in Frage kommen. Von den mechanischen Veredelungsverfahren im Gegensatz zu den chemischen, also den Destillationsverfahren, wird am meisten angewandt die

Zahlentafel 2. Analysen von Rohkohlen, Halbkoks und Koks in vH nach Prof. F. Fischer[1]).

	C	H	O	N	S
Lohbergkohlen . . .	82,2	5,2	8,7	2,1	1,8
Halbkoks daraus . .	84,9	3,9	7,5	1,9	1,8
Gewöhnlicher Koks .	96,59	0,4	1,64		1,37

[1]) Ges. Abh. Bd. III S. 218.

Zahlentafel 3. Schwelversuche mit verschiedenen Kohlen von W. Müller.

		Steinkohlen O.-S.	Staubkohlen O.-S.	Steir. Glanzkohlen	Steir. Lignit	Hess. Braunkohlen	Hess Braunkohlen
Rohkohlen	ob. Heizwert . . kcal	6259	6719	5710	4226	2276	2181
	Feuchtigkeit . . . vH	6,95	5,75	9.60	27,65	61 80	49,50
	Koksausbeute . . „	65,08	66,32	56,07	38,45	17,65	29,50
	flücht. Bestandt. . „	27,97	27,93	34,33	33,90	20,55	21,0
	Asche . . . . . . „	9 48	10,14	11,18	7,85	4,45	15,14
Ausbeute auf je 100 kg Rohkohlen	Halbkoks . . . . „	69.50	72.66	65,00	45,2	20,4	45,0
	Urteer, wasserfrei „	10,20	8,84	6.2	4,5	7,5	2,38
	Schwelgas . . . . m^3	17,8	9,95	13,8	7,85	18,8	11,5
	Gasbenzin . . . cm^3/m^3	70	39	—	15	28,5	21
Halbkoks	ob. Heizwert[1]) . . kcal	6588	6982	5868	5708	6237	4615
	Wasser . . . . . vH	2,8	6,3	4,25	9	1,9	1,5
	flücht. Bestandt. . „	7,59	11,0	12,2	17.7	8,9	13,3
	Asche . . . . . . „	16,23	14.2	18,57	15.2	20,1	39.4
Mittl. unt. Heizwert des Gases kcal		5200	5780	4790	3360	3930	3450
Staubgehalt des Teeres[1]) . . . vH		1,27	0,48	—	2,3	0,54	1,0

[1]) Auf wasserfreien Zustand bezogen.

Brikettierung. Sie betrifft eine Formgebung feinkörniger Brennstoffe, wobei diese nicht ausschließlich Abfallerzeugnisse sein müssen, sondern unter Umständen absichtlich erzeugt werden, damit eine hochwertige und gleichmäßige Beschaffenheit des Brennstoffes gesichert wird. Letzteres gilt nicht nur bei Steinkohlen, wo man oft einen zwischengeschalteten Waschvorgang anordnet, sondern auch in ähnlicher Weise bei manchen Braunkohlen, wie z. B. den lignitischen; man würde oft in der Lage sein, die lignitischen Anteile gewisser Vorkommen ohne weitere Behandlung mit Vorteil einer Nutzung zuzuführen. Die dazwischen auftretenden Schichten dichter, erdiger Kohlen sind jedoch meist minderwertig, und man ist daher gezwungen, die lignitischen Anteile zu zerkleinern und aus beiden Grundstoffen vermischt ein Brikett herzustellen, das dann möglicherweise einen Brennstoff von genügenden Eigenschaften darstellt. Ähnlich verfährt man bei der Gewinnung von Maschinentorf, wo man gleichfalls die heizschwächeren oberen Schichten mit den gut zersetzten unteren Schichten vermischt, um ein gleichmäßiges Enderzeugnis zu erhalten.

Stets liegt bei der Brikettierung der Grundgedanke vor, nicht nur eine bequeme, handliche Form des Brennstoffes zu erhalten, sondern zugleich auch eine solche Anreicherung der brennbaren Teile, daß der künstliche Brennstoff den Wettkampf mit hochwertigen rohen Brennstoffen aufnehmen kann. In diesem Zusammenhang verdient die der Herstellung der Braunkohlenbriketts vorangehende Trocknung des Rohstoffes besondere Beachtung. Es ist natürlich der Weg denkbar, die Brennstoffe zu trocknen, ohne von der nachfolgenden Formgebung Gebrauch zu machen. Gerade in den letzten Jahren hat dieser Gedanke große Aufmerksamkeit erlangt, seitdem es klargestellt ist, daß z. B. bei der Vergasung der hohe Wasserballast der rohen Braunkohlen gute Ergebnisse schwer erreichen läßt oder ganz vereitelt; aber auch bei einer Verbrennung würde die vorherige Wegschaffung des Feuchtigkeitsballastes eine Erhöhung des Wirkungsgrades mit sich bringen. Wenn trotzdem die Trocknung allein ein kaum nennenswert ausgeübtes Veredelungsverfahren ist, so liegt dies in der Hauptsache darin, daß die meisten Brennstoffe bei der Trocknung stark zerfallen und so nur ein feinkörniges Enderzeugnis bleibt, das bei der Verwendung andre Nachteile mit sich bringt. So ist die übliche Kupplung der Trocknung mit der Brikettierung erklärlich, und man wird die alleinige Trocknung als Vorbereitung industrieller Brennstoffe nur bei wenigen Vorkommen und für besondere Verwendungszwecke, wie z. B. für die Staubfeuerung, anwenden können.

Hier verdient ein Vorgang Erwähnung, der den Übergang zum chemischen Veredelungsgang bildet. Es ist bekannt, daß die Trocknung nur bei sehr langer Einwirkung und Verwendung feinkörniger Brennstoffe bei niedrigen Temperaturen (etwa 150 bis 120 °C) durchgeführt werden kann. Bei größerem Korn wird auch eine längere Einwirkung in dieser Temperaturstufe keine vollständige Trocknung hervorrufen. Man ist daher bei der technischen Trocknung gezwungen, meist höhere Temperaturen anzuwenden. Da sich anderseits bereits bei einer wenig über 100 °C gesteigerten Temperatur gewisse Spaltvorgänge im Brennstoff bemerkbar machen, die besonders bei den in Frage kommenden jüngeren Brennstoffen hauptsächlich eine Abspaltung von CO_2 betreffen, so ist es naheliegend, mit der Trocknung eine gewisse Entgasung in dem Ausmaße durchzuführen, daß sich dabei möglichst nur wertlose Gase bilden. Hinsichtlich der zugrunde liegenden Tatsachen sei auf die Veröffentlichungen von Dolch[1]), Dubois[2]) und Müller[3]) verwiesen. Die Spaltungsvorgänge verlaufen bis etwa 250 °C sehr langsam, setzen dann bei einer kurzen Zwischentemperatur bis etwa 300 °C stürmisch ein, während die Abspaltung der wertvollen Kohlenwasserstoffe erst bei Temperaturen über 300 °C beginnt; anderseits kann auch bei stückigen Kohlen die Trocknung bei etwa 250 °C völlig beendet sein.

Es ist nun denkbar, bei einer Vorbehandlung bis höchstens 300 °C eine Trocknung des Brennstoffes zugleich mit einer Abspaltung von CO_2 durchzuführen, wobei eine Verflüchtigung von Kohlenwasserstoffen und Teer vermieden wird. Dieser Weg ist praktisch bereits mehrfach versucht worden, und es ist ein Verfahren unter dem Namen Bertinierung oder Karburitierung bekannt geworden. Es scheint jedoch, als ob diese Versuche nicht von Erfolg begleitet gewesen wären. Das mag darauf zurückzuführen sein, daß es schwer ist, den infolge der Abspaltung von CO_2 wärmeentbindenden Vorgang genügend schnell und vollständig zum Stillstand zu bringen, ohne wertvolle Erzeugnisse verlieren zu müssen. Anderseits ist es wirtschaftlich nicht einleuchtend, daß man dadurch auf billigem Weg einen hochwertigen Brennstoff gewinnen kann: denn seine Veredelung durch die Abspaltung von CO_2 wird gegenüber der reinen Trocknung keine erhebliche Steigerung des Wärmeinhaltes bringen. Dagegen ist es einleuchtend, daß die eingeleitete Spaltung der kohlenbildenden Bestandteile gewisse Schädigungen des Gefüges herbeiführt, die durch eine beginnende Verstaubung gekennzeichnet sind. Zudem wird aber auf diesem Weg ein Brennstoff erhalten, der keine wesentliche Überlegenheit gegenüber den rohen Brennstoffen aufweist, abgesehen von der Entziehung des Feuchtigkeitsballastes.

Bedeutung des Schwelverfahrens für die Auswertung der minderwertigen Brennstoffe.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die verschiedenen Veredelungsverfahren nicht allein auf eine Verbesserung des Heizwertes hinzielen, daß vielmehr gerade die Erhaltung oder Erreichung einer brauchbaren Form meist entscheidend ist. Zu diesen beiden Gesichtspunkten kommen aber noch andre Umstände, die bisher wenig betont worden sind, wie Porosität, Entzündungstemperatur und dergleichen. Die Porosität wird bei allen Verbrennungsvorgängen wichtig sein, wo man einen gleichmäßigen Verlauf bei geringsten Zugverlusten erreichen will, wie z. B. bei Dauerfeuerungen. Die niedrige Entzündungstemperatur wieder wird für die Verwendung in Staubform entscheidend sein, und es ist dabei nicht nur an die Staubfeuerung zu denken, sondern auch an Verbrennungsmaschinen für staubförmige Brennstoffe, eine Aufgabe, die bereits Diesel zu lösen versucht hat und die heute, obwohl noch nicht gelöst, rege Aufmerksamkeit verdient. Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt ist die Rauchfreiheit der Verbrennungsvorgänge, die bei den Enderzeugnissen der Schwelvorgänge ebenso gewährleistet ist, wie bei den Garungserzeugnissen der Destillation. Es ist bekannt, daß gerade dieser Gesichtspunkt für die Entwicklung der Schwelindustrie in England von grundlegender und entscheidender Bedeutung war. In Deutschland ist er bisher nicht so stark hervorgehoben worden; aber es ist zweifellos richtig, daß die Rauchfreiheit der Verbrennungs-

[1]) „Die wärmetechnische Verwertung des Torfes", „Bergbau und Hütte" Bd. 6 (1922) S. 37.
[2]) Z. Bd. 66 (1922) S. 821. [3]) „Braunkohle" Bd. 20 (1921/22) S. 1.

vorgänge bei den Rückständen der Schwelverfahren ein wichtiger Umstand ist, der im Wettbewerb dieser Veredelungserzeugnisse mit den rohen Brennstoffen von entscheidendem Einfluß sein kann.

Man wird nach diesen Ausführungen erkennen, daß die Prüfung der Frage, ob eine Verschwelung der geringwertigen Brennstoffe wirtschaftlich durchführbar ist, für die zukünftige Entwicklung der Feuerungstechnik erhebliche Bedeutung hat, und obwohl die vorstehenden Ausführungen ohne Betrachtung der wirtschaftlichen Grundlagen eine abschließende Beurteilung nicht erlauben, so dürfte schon nach dem Gesagten der Schluß berechtigt sein, daß die Verschwelung minderwertiger Brennstoffe volle Daseinsberechtigung verdient und für diese Brennstoffe um so mehr in Betracht kommt, als ihre Garung ausgeschlossen ist. Gegenüber den erwähnten mechanischen Veredelungsverfahren bringt die Verschwelung den Vorteil, daß Brennstoffe mit genügend großen Porosität und niedriger Entzündungstemperatur erzeugt werden, die vollständig ohne jede Rauchbelästigung verbrennen.

Es wäre natürlich verkehrt, aus dieser Feststellung eine verallgemeinernde Empfehlung der Schwelvorgänge für geringwertige Brennstoffe abzuleiten; denn es ist bereits früher betont worden, daß unter Berücksichtigung der geringen Ausbeute an Rückstand bei den jüngeren Brennstoffen eine verhältnismäßig starke Anreicherung der Asche auftritt. Der Aschengehalt wird demnach als das Kennzeichen anzusehen sein, das hinsichtlich der Anwendbarkeit dieser Verfahren das entscheidende Wort zu sprechen hat. In bestimmten Fällen, z. B. bei Brennstoffen mit sehr hohem Teergehalt, kann natürlich dieser Gesichtspunkt etwas in den Hintergrund treten, aber in der Regel wird man darauf bedacht sein müssen, für die Verschwelung nur möglichst aschenarme Brennstoffe heranzuziehen. Hinsichtlich dieses Gesichtspunktes ist aber die Tatsache von außerordentlich großer Bedeutung, daß gerade die jüngeren lignitischen Brennstoffe meist eine große Aschenarmut aufweisen, während bei den erdigen Braunkohlen der Aschengehalt oft wesentlich größer ist. Da die lignitischen Braunkohlen, ebenso wie der Torf, in erster Linie für die Verschwelung in Frage kommen, weil die Ausgangserzeugnisse ein gutstückiges Enderzeugnis bringen, so ist die Tatsache von Bedeutung. Meist ist bei diesen Brennstoffen auch ein außerordentlich geringer Schwefelgehalt festzustellen. In Zahlentafel 4 und 5 sind eine größere Anzahl von Analysen lignitischer Braunkohlen und Torfvorkommen zusammengestellt, die vorwiegend einen sehr niedrigen Aschengehalt und zugleich einen geringen Schwefelgehalt zeigen. Daß aber auch die Steigerung des Aschengehaltes keineswegs ein gleichzeitiges Ansteigen des Schwefelgehaltes mit sich bringen muß, zeigen verschiedene Analysen, die dort angeführt wurden. Die Torfanalysen betreffen die größten und bekanntesten Vorkommen im Deutschen Reich, während die Analysen von lignitischen Braunkohlen auch Vorkommen der österreichischen Nachfolgestaaten betreffen. In allen Mittelmeerländern sind bekanntlich Lignitvorkommen sehr verbreitet, und da alle diese Staaten keine nennenswerten Vorkommen hochwertiger Steinkohlen aufweisen, die eine Anwendung von Garungsverfahren erlauben, so ist die Nutzbarmachung der Lignite auf dem Wege der Verschwelung ebenso wie die Nutzbarmachung der Torfe auf diesem Weg ein Verfahren, das die größte Aufmerksamkeit verdient.

Hinsichtlich des Schwefelgehalts der erwähnten minderwertigen Brennstoffe spricht noch ein Umstand mit, der noch nicht völlig geklärt ist, den aber Dolch[1]) mit Recht hervorhebt. Viele über Kalk gelagerte Braunkohlen zeigen einen auffallend hohen Schwefelgehalt, der eine unmittelbare Verwendung des Brennstoffes verbietet. Erfahrungsmäßig geht dieser organisch gebundene Schwefel in großem Ausmaß bei der Verschwelung ab, und dieses Verfahren stellt mithin die einzige Möglichkeit dar, aus den bezeichneten Rohstoffen einen allgemein verwendbaren Brennstoff zu gewinnen. So ergaben z. B. Arsa-Kohlen mit 8,2 vH verbrennlichem Schwefel in rohem Zustand beim Großversuch einen Halbkoks mit 1,7 vH verbrennlichem Schwefel, mithin um etwa 80 vH weniger als in der Rohkohle.

Der günstige niedrige Schwefelgehalt der Ausgangstoffe und sein starkes Verschwinden beim Verschwelen bedingen demnach einen sehr niedrigen Schwefelgehalt der Enderzeugnisse, wofür ich in Zahlentafel 6 einige Analysen anführe, die ich einer Veröffentlichung von Jacobsohn und Sarre[2]) entnehme.

Vorbedingungen für die Bildung eines brauchbaren Halbkokses.

Oben sind bereits einige physikalische Eigenschaften des Rückstandes, also des Halbkokses, behandelt worden,

[1]) Dolch, Halbkoks, Halle 1921, W. Knapp.
[2]) „Teer" Bd. 23 (1922) S. 1.

Zahlentafel 4. Analysen von Rohbraunkohlen und Ligniten (in vH).

	H_2O	Asche	C	H	O	N	S	Unter. Heizw.
Braunkohlen:								
rheinische	50,30	—	31,80	2,16	15,29	0,30	0,15	2350
Weißwasser, N.-L.	55,83	1,62	27,36	2 03	12,88		0,28	2148
Costebrau, N.-L.	56,00	3,04	27,33	2,09	11,31		0,23	2102
Zawiercie, Polen	22,30	25,97	57,14	3,59	—	0,75	0,34	—
Foligno, Italien	26,70	10,00	37,60	3,50	21,90		0,30	3240
Mariaschein, Böhmen	24,50	1,95	53,83	4,67	14,82		0,23	5032
Bogoslowsk, Rußl.	21,66	6,26	44,46	2,87	24,43		0,33	4939
„ „	23,10	13,53	44,53	3,11	14,82	0,84	0,07	3835
Braunkohlenbriketts:								
Ilse Lignit	12,44	5,36	53,86	4,28	23,79		0,27	4815
Birkenthal	10,04	22,50	50,28	3,41	13,65		0,12	4511
Wackersdorf	56,80	5,29	25,49	1,98	9,96		0,48	2039
Westerwald	21,78	3,67	—	—	—		0,41	4428
Dettingen	61,83	3,80	22,89	2,23	9,02		0,23	1811
Großweil	51,90	7,10	24,60	2,18	14,04		0,18	1853
Köflach, Steierm.	15,40	10,05	50,80	4,23	19,34		0,18	4560
Wöllan, „	38,30	9,00	35,26	2,49	13,63	0,95	0,37	2860
Biberstein, „	28,18	5,51	46,13	3,61	16,02	0,55	0,07	4138
Lankowitz, „	28,15	5,78	45,30	3,79	16,54	0,44	0,32	4072
Schallthal „	29,54	3,90	40,12	3,80	22,15	0,49	0,75	3520
Wolfsegg, Oberöst.	34,71	4,93	39,92	3,20	—	0,36	0,32	3316
Bukarest, Rum.	31,00	2,96	42,10	3,55	19,67	0,60	0,12	3540
Köpecz, Ungarn	22,57	9,45	46,00	3,15	17,58	0,97	0,28	3873

Zahlentafel 5. Analysen (in vH) von Torf[3]).

	H_2O	Asche	C	H	O	N	S
Junger Torf von Quickborn, Schl.-H.)	—	2,83	56,07	4,96	34,62	1,25	0,27
Gut zersetzter Torf von Aurich	—	2,74	56,78	5,39	33,63	1,22	0,24
Osmosetorf vom Schwenzler Moor, Ostpr.	—	11,80	53,01	4,26	28,62	1,99	0,32
Torf von Elisabethfehn	—	8,65	50,59	4,71	34,75	1,01	0,29
„ vom Schweger Moor, Hann.	48,50	1,21	30,59	3,79	15,08	0,80	0,03
„ von Friesoyte, Oldbg.	—	2,12	55,21	5,55	35,94	0,96	0,22
„ „ Hohnsleben	53,89	37,04	24,04	2,31	12,17	1,38	0,21
„ „ „	46,26	31,22	28,66	3,01	19,73	1,92	0,42
„ „ Admont, Steiermark	40,50	0,40	32,30	4,00	22,01	0,70	0,09
„ „ Glasgow	54,80	1,00	27,10	2,50	13,88	0,63	0,09
Torfbriketts	13,85	11,37	46,65	5,00	22,93		0,20

[3]) Die 5 Analysen von Trockensubstanzen nach Bartels.

Zahlentafel 6. Schwefelgehalt von Schwelerzeugnissen.

	gesamt	flüchtig
Grude . . . vH	2,58	0,29
Torfkoks . . „	0,237	0,077
Holzkohle . „	0,106	0,055

und dabei wurde als grundlegend die Erhaltung oder Erreichung einer brauchbaren Form betont. Anderseits wurde bereits bei der Besprechung der Trocknungsvorgänge erwähnt, daß die Zerstörung der Form teilweise schon bei sehr niedrigen Temperaturen einsetzt. Hier muß wiederholt werden, daß jede Trocknung auch bei langsamstem Verlauf eine Schädigung des Formgefüges verursacht, und zwar zumindest eine Aufklüftung der großen Stücke bedingt. Dagegen ist eine weitergehende Zerstörung, eine Verstaubung, bei vielen Brennstoffen nicht feststellbar. Das Gefüge, z. B. der meisten Grudesorten, zeigt zwar einen hohen Gehalt an Feinkorn, aber keinen ausgesprochenen Staub. Hier bedarf ein Vorgang der Erwähnung, der bei der Halbverkokung ebenso wie bei der Garverkokung auftritt, die Agglomerierung. Diese ist wohl zu unterscheiden von dem sogenannten Backen, bei dem man einen durchgehenden Schmelzfluß der Masse feststellen kann. Beim Agglomerieren sind die Vorgänge wesentlich anders. Man kann sie sich etwa so vorstellen, daß sich bei dichtliegender Beschickung die austretenden Teerdämpfe an den Berührungsstellen niederschlagen, wobei gerade die Gegenwart staubförmiger Teilchen befördernd wirkt. Dergestalt tritt eine Verkittung ein, besonders bei Vorherrschen eines, wenn auch geringen Druckes, und bei nochmaliger Abdestillation des Teeres treten dann leichte Zersetzungen ein, die ein koksartiges, dichtes Gefüge herbeiführen.

Bei den Braunkohlen jedoch, die nach dem früher Gesagten besonders für eine Verschwelung in Frage kommen, bei Ligniten, ist es kennzeichnend, daß der Halbkoks deutlich an Holzkohle erinnert, wobei lediglich feine Risse im Schliff zu erkennen sind, die an verschiedenen Stellen zu kugeligen Hohlräumen aufgetrieben wurden. Die Schichtung oder Bänderung des Materials ist ebenso wie bei der Holzkohle gewahrt. Bei dem aus Torf gewonnenen Halbkoks ist gleichfalls die Struktur des Ausgangsstoffes zu erkennen, insbesondere bei Gegenwart faseriger Teile; anderseits erinnert dieses Schwelerzeugnis bereits stark an den Koks von Steinkohlen, insbesondere von manchen Gaskohlen, nur mit dem Unterschied, daß er weniger aufgetrieben und ausgesprochen feinporig ist. Bei den erdigen Braunkohlen schließlich ist das Enderzeugnis meist kleinkörnig, ähnlich der Grude, doch oft findet man gerade bei dieser agglomerierte Stücke größerer Abmessungen.

Möglichkeiten der Halbkoksverwendung.

Die im vorstehenden beschriebenen Eigenschaften des Halb- oder Schwelkokses, wie ich ihn besser kennzeichnend nennen möchte, lassen ihn für verschiedene Zwecke geeignet erscheinen, die im nachfolgenden aufgeführt werden sollen.

Zunächst empfiehlt sich der Stoff als Ersatz für Holzkohle, insoweit er stückig ist und genügende Festigkeit zeigt, nämlich als Brennstoff in der Eisenhüttenindustrie (Schmelzkoks für niedrige Hochöfen, Kuppelöfen und dergleichen), ferner ganz allgemein als Reduktionsmittel im Hüttenbetrieb und in der chemischen Industrie. Hier ist er wegen seiner Reinheit und des Fehlens von Schwefel überall geeignet, wo gewöhnlicher Koks versagt und üblicherweise durch Holzkohle ersetzt wird. Bei der Tatsache, daß man hinsichtlich der Beschaffung von Holzkohlen auf die Einfuhr angewiesen ist, und dieser Stoff daher nur zu hohen Preisen zu haben ist, weil man auch in den meisten andern Ländern mit Holz haushalten muß, ist daher die Beschaffung von Schwelkoks für diese Industrien von größter Bedeutung. Sollte es aber möglich sein, auf diesem Weg einen sehr reinen Reduktionsstoff aus einheimischen Brennstoffen billiger herzustellen, als man Holzkohlen aus dem Ausland zu beziehen vermag, so wird sich sogar die Möglichkeit bieten, bei manchen Zwecken mit Vorteil Steinkohlenkoks zu ersetzen.

Hier bedarf besonderer Erwähnung die Herstellung von Karbiden u. dgl., wobei man vielfach wegen der schlechten Eignung von Hüttenkoks zur Verwendung sehr reinen Anthrazites übergegangen ist, der nur aus dem Auslande zu beschaffen ist.

Ein weiterer Ersatz von Holzkohlen kann für Glüh- und Schmiedezwecke eintreten, wo gleichfalls in den meisten Fällen auf Schwefelfreiheit größter Wert gelegt werden muß.

Noch ein weiteres Gebiet ist zu erwähnen, wo vielfach Holzkohlen gebraucht werden, nämlich dort, wo es sich um eine Anreicherung von Metallen mit Kohlenstoff handelt, wie beim Kohlen des Stahles, bei Zementierverfahren und bei Karburierungsvorgängen. Auch hier spielt erklärlicherweise das Fehlen des Schwefels ebenso wie die Aschenarmut eine ausschlaggebende Rolle.

Soweit kann man den Schwelkoks als einen Ersatz für Holzkohle ansprechen. Selbstverständlich kommt er aber auch als Ersatz für Braunkohlengrude in Frage, d. h. in diesem Falle dürfte es sich nicht um eine Verdrängung, sondern es müßte sich um eine Vergrößerung dieses Anwendungsgebietes handeln. Die Grude hat sich bereits in den letzten Jahrzehnten eine vielfach gesteigerte Anwendung errungen, und zwar für die Dauerbrandheizungen in der Küche und im Haus. Die Vorteile einer solchen sind genügend bekannt, besonders die stete Bereitschaft und leichte Handhabung solcher Öfen, so daß es nicht zu verwundern ist, daß die Grudeheizung auch in solchen Gebieten Eingang gefunden hat, die hochwertige Brennstoffe, wie Steinkohlen und Koks, billig zur Verfügung haben. Es ist nun bekannt, daß die handelsübliche Grude oft 20 vH Asche und mehr enthält, so daß es keiner weiteren Darlegung bedarf, daß dieses Anwendungsgebiet auch für einen Schwelkoks solcher minderwertigen Brennstoffe in Betracht kommt, die aschenreich sind. Die einzige Bedingung, die dieses Anwendungsgebiet fordert, ist ein nicht zu hoher Schwefelgehalt des Schwelkokses, weil sonst bei den niedrigen Abgastemperaturen sehr leicht Zerstörungen der Baustoffe eintreten können. Nach Versuchen, über die Prof. Seidenschnur[1]) berichtet, dürfte sich der bei niedriger Temperatur gewonnene Schwelkoks für Dauerbrandzwecke eher noch besser eignen als die handelsübliche Sorte, indem besonders die leichte Entflammbarkeit den Vorteil bietet, daß etwa gewünschte Temperatursteigerungen schneller erreicht werden können. Gewiß wird die Gewinnung neuer Absatzgebiete für die häusliche Verwendung des Schwelkokses stets von den Frachtverhältnissen beeinflußt werden, weil im Durchschnitt nur mit einem Brennstoff von 4500 bis 5500 kcal gerechnet werden kann. Die Beförderung hochwertiger Brennstoffe mit 7500 kcal Heizwert wird daher besonders über längere Strecken merklich billiger sein, und dieser Umstand hat auch gerade im vergangenen Jahr bei den verhältnismäßig hohen Frachtsätzen die weitere Ausdehnung dieses Anwendungsgebietes gehemmt. Da es jedoch nicht zu erwarten ist, daß auf die Dauer die Verteuerung der Fracht größer sein kann als die Verteuerung der Brennstoffe im allgemeinen, so sehe ich bestimmt in der Zukunft eine Vergrößerung dieses Absatzgebietes für häusliche Zwecke voraus. Dies auch besonders aus dem Grunde, weil der Schwelkoks nicht nur als Wettbewerber der rohen Brennstoffe und des gewöhnlichen Kokses auftritt, sondern auch besonders als Ersatz für Leuchtgas, dessen Herstellungskosten angeblich eine weitere Verbilligung nicht gestatten, obwohl im Durchschnitt die Gaspreisverteuerung gegenüber den Friedenszeiten 40 vH und darüber beträgt, während die rohen Brennstoffe nur eine solche von 15 bis 20 vH aufweisen.

Als letztes und keineswegs unwichtiges Anwendungsgebiet für die Zukunft kommt die Staubfeuerung in Frage. Bei dem niedrigen Entzündungspunkt gegenüber demjenigen von Koks steht zu erwarten, daß sich Schwelkoks etwa ebenso günstig verhält wie ein roher Brennstoff. Diesem gegenüber bietet der Schwelkoks aber den Vorteil wesentlich leichterer Mahlarbeit, besserer Stapelfähigkeit und sicherer Beförderung, weil Entzündungen oder Explosionen nicht im gleichen Umfang wie beim rohen, gasreichen Brennstoff zu erwarten sind. Diese Umstände haben für die Anwendung der Staubfeuerung deshalb große Bedeutung, weil es so nicht notwendig ist, die Vorbereitungsanlagen bei jeder Verwendungsstelle zu errichten. Das kann bei den erzeugenden Werken geschehen, und damit ist die Möglichkeit geboten, daß auch Kleinverbraucher zur Nutznießung dieser neuen, vorteilhaften Feuerungsart gelangen. Für diese Anwendung des Halbkoksstaubes sind zwar mehrfach schon Versuche durchgeführt, aber Abschließendes ist bisher noch nicht veröffentlicht worden. Technisch unterliegt es aber wohl kaum einem Zweifel, daß schwierige oder wohl gar

[1]) „Braunkohle" Bd. 23 (1924/25) S. 352.

unüberwindbare Hindernisse dieser Anwendung nicht entgegenstehen können, und daher muß dieses Absatzgebiet, das als unbeschränkt bezeichnet werden darf, hier angeführt werden.

In diesem Zusammenhang soll auch auf die Anwendung solchen Staubes in Verbrennungsmotoren verwiesen werden. Man hat hierfür Holzkohlenstaub bereits versuchsweise angewendet und ist auf diesem, schon von Diesel angeregten Gebiet so erheblich fortgeschritten, daß man eine vorteilhafte Weiterentwicklung erhoffen darf. Es bedarf hier noch der Erwähnung, daß der Schwelkoks auch als Ausgangstoff für die Vergasung in fahrbaren Anlagen, wie bei Gaslokomotiven, Gasmotorwagen u. dgl. in Frage kommt, während sich Koks im allgemeinen wegen der Verschlackungsgefahr und rohe Brennstoffe wegen der schwierigeren Reinigung hierfür nicht eignen. Dieses in hoffnungsvoller Entwicklung befindliche Anwendungsgebiet ist daher auf Schwelkoks angewiesen, falls man nicht Holzkohle verwenden will.

Übersicht der Schwelverfahren.

Nachdem nun im vorstehenden die technische Bedeutung der Schwelverfahren und die Anwendung des Schwelkokses umrissen worden ist, bleibt noch übrig, die Herstellungswege zu betrachten. Da die Schwelung ein Vorgang ist, der lediglich unter dem Einflusse der fortschreitenden Erwärmung stattfindet und keiner einwirkenden Reaktionsstoffe bedarf, so ist der nächstliegende Weg, diese Destillation in Retorten mit Außenheizung vorzunehmen, wobei man den Zutritt von Luft möglichst vermeidet, um die abgespalteten Gase und Teerstoffe vor einer Verkrackung zu schützen. Das ist derselbe Weg, den man für die Durchführung der Garungsverfahren benutzt, wie z. B. in den Gasanstalten, Kokereien und dgl. Auch der in der mitteldeutschen Braunkohlenindustrie angewendete Rolleofen gehört zu dieser Gruppe. Bei dieser Heizungsart wird die Wärme zunächst der Retortenwand und von dieser dem im Innern befindlichen Brennstoff zugeführt; da aber die in den Zwischenräumen befindliche Luft ebenso wie die gebildeten Gase und Dämpfe schlechtere Wärmeleiter sind als die Stoffe, woraus man die Retortenwand herstellt (Metalle oder Schamotte) und als der Brennstoff selbst, so bilden sie gewissermaßen isolierende Trennräume und der Wärmefluß wird nur langsam vor sich gehen. Die notwendige Folge ist, daß nicht nur die Retortenwände auf eine höhere Temperatur gebracht werden müssen, als für den Vorgang selbst erforderlich ist, sondern daß auch die Füllräume der Retorten (Breite) möglichst gering sein müssen, damit zu große Temperaturunterschiede vermieden werden; mithin: großer Wärmeaufwand und kleine Leistung.

Eine dichtliegende Füllung des Brennstoffes wird zwar den Wärmefluß unterstützen, bringt aber den Nachteil, daß die gebildeten Gase und Dämpfe nur schwer einen Abgang finden und leicht Zersetzungen an den überhitzten Wänden und Randteilen erleiden; mithin: Minderung der Teerausbeute und Teergüte.

Bei den Garungsverfahren spielen diese Gesichtspunkte keine so entscheidende und tiefgreifende Rolle, so daß das Arbeitsverfahren dort seit langem angewendet wird und auch kein zwingender Grund zum Verlassen des Weges vorliegt; anders bei den Schwelvorgängen, wo gerade der letztgenannte Gesichtspunkt wichtig ist.

Hier fand man eine vorteilhafte Ergänzung in den drehbaren Trommeln. Dieser Weg ist schon vor vielen Jahrzehnten und wiederholt versucht worden, hat aber erst nach den Laboratoriumsversuchen von Geh. Rat Prof. Dr. Franz Fischer, Mülheim-Ruhr, durch Thyssen & Co.[1]) Eingang in die Praxis gefunden. Da der Brennstoff nur auf etwa 1/6 des Umfanges lagert, kann die Trommelwand auf 5/6 ihres Weges Wärme aufnehmen, die dann durch die fortwährende Umlagerung des Brennstoffes bei der Umdrehung schnell auf den Brennstoff übertragen wird. Der Wärmeaufwand wird daher geringer sein als bei ruhenden Retorten, doch immerhin noch erheblich, da die Wandtemperatur fast der ganzen Ausdehnung nach höher sein muß als die erforderliche Schweltemperatur; die Anwendung des Gegenstromes ist unmöglich, und die abgespaltenen Gase und Dämpfe verlassen zusammen mit dem Schwelkoks die Trommel an dem der Zufuhr des Brennstoffes gegenüberliegenden Ende. Der Hauptvorteil dieser Bauart, wofür Abweichungen noch von Fellner und Ziegler[2]) u. a. m. entwickelt worden sind, liegt in der großen Leistungsfähigkeit einer Einheit, da eine Trommel von 2,6 m Dmr. und 25 bis 30 m Länge etwa 80 t täglich verarbeiten kann; aber diese Leistungsfähigkeit wird, abgesehen von den andern erwähnten, schwachen Punkten, durch eine außerordentlich starke mechanische Beanspruchung des Brennstoffes erkauft, die bei den meisten zu einer starken Zerstörung des Gefüges und damit zu einer Verstaubung des Teeres führen muß. Solange kein völlig sicherer Weg zur Trennung von Teerdämpfen und Staub im Gas gefunden ist, und insoweit man es nicht mit Brennstoffen zu tun hat, die agglomerierende oder etwas backende Eigenschaften aufweisen, wird dieser Gesichtspunkt für die Anwendung der Drehöfen hemmend sein. Weiter fällt der ungünstige wärmewirtschaftliche Wirkungsgrad bei denjenigen minderwertigen Brennstoffen ins Gewicht, die einen höheren Feuchtigkeitsgehalt haben[3]), und daher dürfte diese Bauart nach allgemeinem Urteil in der Hauptsache für die Verschwelung von Steinkohlen in Frage kommen.

Eine abweichende und in manchem Sinne vorteilhaftere Bauart stellt der senkrechte Drehofen der Firma Meguin A.-G. dar[4]). Der Brennstoff wird bei dieser in einer dünnen Schicht zwischen einer äußeren und inneren Retortenwand durch die äußere geheizt, während die gebildeten Gase und Dämpfe durch zahlreiche Öffnungen der Innenwand in den in der Mitte befindlichen Gassammelraum kommen. Diese Anordnung erinnert an den Rolleofen und sichert zweifellos vor Überhitzung und Zersetzungen; auch mag der als Staubsack wirkende und auf gleichmäßiger Temperatur befindliche Mittelraum sehr vorteilhaft sein. Aber weder hinsichtlich der mechanischen Beanspruchung des Brennstoffes, noch hinsichtlich der Wärmewirtschaft dürfte diese Bauart wesentliche Abweichungen vom wagerechten Drehofen ergeben. Ihr Anwendungsgebiet wird daher vielleicht etwas erweitert sein, für ausgesprochen minderwertigen Brennstoff kommt m. E. nach aber der senkrechte Drehofen nicht in Betracht oder nur dann, wenn auf die gleichzeitige Gewinnung hochwertiger, unverdünnter Schwelgase Wert gelegt wird.

Dieser Gruppe gegenüber stehen die Verfahren mit Innenheizung; auch sie sind alt und haben ihre Vorläufer im technischen Sinn. Am bekanntesten ist wohl die Bauart von Mac Laurin, die aus einem Planrostgaserzeuger und einem entsprechend größeren, gleichfalls einem Planrostgaserzeuger nachgebauten Schwelschacht besteht. In dem erstgenannten Gaserzeuger wird ein Teil des erzeugten Schwelkokses vergast, und die fühlbare Wärme dieses Gases, das unter den Rost des zweiten Schachtes auf kürzestem Weg übergeleitet wird, führt die Verschwelung in diesem durch. Dieses Verfahren ist für Steinkohlen entwickelt worden, und die neueren Verfahren weichen in der Hauptsache darin ab, daß nicht die fühlbare Wärme des Generatorgases benutzt wird, sondern die von Verbrennungsgasen, die daraus erzeugt werden. Da nicht nur die Menge an Gas bei der Verbrennung mehr als verdoppelt, sondern auch viel mehr Wärme frei wird, ist der Selbstverbrauch an Halbkoks natürlich entsprechend geringer. Da man auf eine genaue Regelung der Verbrennung angewiesen ist, um möglichst jeden Sauerstoffüberschuß zu vermeiden, erschien es zunächst notwendig, einen Teil des abgeschwelten Brennstoffes zu vergasen, um ein teerfreies Gas zu erhalten. In einzelnen Anlagen hat man als vorgeschaltete Gaserzeuger Schwelgaserzeuger benutzt, deren Heizgase denselben Anforderungen genügen. Weiter hat man auch gewöhnliche Gaserzeuger mit rohem Brennstoff betrieben, und dieses Gas vor der Verbrennung in einer zweiten Anlage gereinigt. In dieser Hinsicht finden wir viele Abweichungen, aber alle sind nicht grundlegender Natur. Die verschiede-

[1]) Roser, Die Entgasung der Kohle im Drehofen, „Stahl und Eisen" Bd. 40 (1920) S. 74; vergl. auch Z. Bd. 64 (1920) S. 577.

[2]) Thau, Die Tieftemperaturverkokung im geneigten Drehofen, „Glückauf" Bd. 59 (1923) S. 29 u. f.

[3]) Trenkler, Urteergewinnung bei der Gaserzeugung, Z. Bd. 64 (1920) S. 997.

[4]) Z. Bd. 69 (1925) S. 108 u. dieses Heft S. 565.

nen, meist aus Veröffentlichungen bekannten Verfahren von Arnemann[1]), AVG (Allgemeine Vergasungsgesellschaft, Berlin)[2]), Pintsch & Co., Seidenschnur[3]) Pape[3]), sind im Kernpunkt alle gleich, indem Abgase die Wärmeträger darstellen und im Zusammenhang damit die Schwelgase als Verlust preisgegeben werden müssen; denn das Verhältnis von Spülgas zu Schwelgas ist etwa 1 : 0,15, so daß eine Verwendung dieses Gemisches nach der Reinigung von den Teerdämpfen nicht in Frage kommt. Schließlich kommt hierfür das Verfahren von Limberg[4]) in Frage. Es benutzt gleichfalls gleichgerichtetes Generatorgas und Innenheizung zur Verschwelung, die in gleichen Zylindern durchgeführt wird wie das Rollesche Verfahren. Das Verhältnis wird um so ungünstiger, je feuchter der Brennstoff ist, und daher stellt einen wesentlichen Fortschritt das Verfahren der Lurgi A.-G.[5]) dar, das die Schwelung von der Vortrocknung trennt. Für die Verschwelung allein ist eine so wesentlich kleinere Wärmemenge notwendig, daß dieses Gas zunächst der Reinigung unterworfen wird und dann ein Teil als Ausgangstoff für die Herstellung der Verbrennungsgase im Schwelzylinder dient, während ein andrer Teil in gleicher Weise für den Trocknungsschacht verwendet wird. Auf diesem Wege braucht man die Schwelgase nicht preiszugeben, so daß der Bedarf an Generatorgas für den Arbeitsvorgang kleiner wird.

Ein andrer Weg, um dies zu erreichen, besteht darin, Schwelgas im Umlauf zu verwenden und jeweils auf die notwendige Temperatur aufzuwärmen; wegen der leichten Zerstörung der Kohlenwasserstoffe kann das nicht in Röhrenüberhitzern mit Außenheizung geschehen, sondern nur in Gitterwerkvorwärmern. Dieses von der Deutschen Mondgas- und Nebenprodukten G. m. b. H. zum Patent angemeldete Verfahren wird bei allen Brennstoffen zweckmäßiger sein, die einen geringen Feuchtigkeitsgehalt haben, während das Verfahren der Lurgi A.-G. für wasserreiche Brennstoffe empfehlenswert erscheint, besonders falls sich die Erfahrungen bestätigen sollten, daß solche Brennstoffe bei vorangehender Trocknung bessere Teerausbeuten geben.

Wärmetechnisch wird man über alle Verfahren am leichtesten eine Übersicht gewinnen, wenn man z. B. den Bedarf für einen Brennstoff mit 40 vH Feuchtigkeit durchrechnet. Das Trägergas muß dann folgende Wärmemengen aufbringen:

Auf 1 kg Rohkohle entfallen 400 g H_2O, deren Verdampfung erfordert	220 kcal
es bleiben rd. 420 g Schwelkoks, die auf 450 °C zu erwärmen sind: $0{,}42 \times 450 \times 0{,}3$	57 „
Zusammen	277 kcal
Da das Gas mindestens 50° heißer sein muß als das Schwelgut und anderseits mit rd. 120 °C abgeht, so liefert 1 m³ Trägergas $(500 - 120) \cdot 0{,}32$	122 kcal
Somit sind rd. 2,27 m³ Trägergas für 1 kg Brennstoff erforderlich, die Aufwärmung des Gases von 30° (nach der Reinigung) auf 500 °C erfordert für 1 m³	150 kcal
oder insgesamt für 1 kg Brennstoff	340 kcal

Je nach dem Wirkungsgrad der ganzen Anlage bzw. der Vorwärmung und dem Herstellungswege des Gases ergibt sich hieraus der endgültige Wärmebedarf; z. B. bei 40 vH Strahlungsverlust im Schwelzylinder und in der Vorwärmung 570 kcal. Davon steht nun bei den beiden zuletzt genannten Verfahren der Wärmeinhalt des Schwelgases zur Verfügung, der bei dem angenommenen Brennstoff mit etwa 250 bis 300 kcal veranschlagt werden darf. Es bleiben somit rd. 300 kcal ungedeckt, die durch Generatorgas zu ersetzen sind; unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades der Vergasung (bezogen auf Kaltgas 0,7) ist der tatsächliche Zuschußbedarf 430 kcal oder rd. 12 vH vom Ausgangsstoff. Es ist nun offensichtlich, daß der Wärmeverbrauch beim erstgenannten, mit Abgasen arbeitenden Verfahren höher sein muß, selbst wenn die Strahlungsverluste im Hundertsatz kleiner sind, da er bereits bei 0,8 mindestens 430 kcal beträgt: das kann aber als unterste Grenze gelten, während man in der Regel erfahrungsgemäß mit etwa 18 vH vom Ausgangstoff rechnen muß.

Wirtschaftlichkeit.

Als letzter Gesichtspunkt bleibt nun die Wirtschaftlichkeit zu klären; das ist bereits grundsätzlich schwer, da die Wirtschaftsverhältnisse je nach den örtlichen und zeitlichen Verhältnissen schwanken. Trotzdem müssen wir eine Darstellung versuchen, um die Zusammenhänge festzulegen. Zunächst dürfte es keiner besonderen Ausführungen bedürfen, daß ein hoher Teergehalt günstig sein muß, weil die Wärmeeinheit in den flüssigen Brennstoffen wesentlich höher bezahlt wird als in den festen Brennstoffen, aber der Einwand, daß die Vorkommen solcher teerreichen Brennstoffe sehr beschränkt sind, ist auch richtig. Zudem wird es für die Entwicklung dieser Verfahren von Wichtigkeit sein, beurteilen zu können, ob sie bei durchschnittlichen Brennstoffen Vorteile bieten. Hinsichtlich der Steinkohle bezweifelt man dies fast allgemein. Als Beispiel seien in Zahlentafel 7 Angaben gebracht, die Sperr[6]) veröffentlicht, wobei eine Steinkohle von 34 bis 35 vH flüchtiger Bestandteile zugrundegelegt ist. Diese Aufstellung bezieht sich nur auf die Nebenerzeugnisse und muß somit zu dem falschen Schluß führen, daß die Schwelung wesentlich ungünstiger ist; tatsächlich ist der Unterschied nur unwesentlich, wenn im Falle der Garung rd. 600 kg Koks und im Falle der Schwelung 750 kg Halbkoks, beide zu einem Preise von 28 ℳ/t berücksichtigt werden, wodurch im ersten Falle die Gesamteinnahme auf 39,14 ℳ, im letzteren Falle auf 36,20 ℳ steigt. Der noch bestehende Unterschied ist in der hohen Bewertung des Kokereigases mit 4,2 ₰/m³ zu suchen, während man das heizkräftigere Schwelgas nur mit 5,0 ₰/m³ eingesetzt hat; ermäßigt man ersteres angemessen auf 3,5 ₰/m³, so ist der Unterschied fast ganz behoben. Trotzdem zeigt die Aufstellung klar, daß die Schwelung hochwertiger Steinkohle nur dann in Frage kommen kann, wenn die Verkokung undurchführbar ist, aber auch dann nur, wenn der Schwelkoks eine nutzbringende Ausnutzung erlaubt. Voraussetzung ist dabei weiter, daß die Arbeits- und Kapitalkosten beim Schwelen nicht höher als beim Garen sind. Die Aufstellung läßt aber zweifellos eine Wertsteigerung der veredelten Erzeugnisse gegenüber dem Ausgangstoff erkennen, und zwar ist der Einfluß der einzelnen Anteile abfallend: Schwelkoks, Gas, Teer, Benzol, Ammoniak. Da bei den jüngeren Brennstoffen der Anteil des Gases wesentlich zurücktritt und sein Heizwert viel geringer ist, wird bei diesen Schwelkoks und Teer den Haupteinfluß haben, und es ist naheliegend, das Gas ganz zu vernachlässigen, wie es viele der erwähnten Verfahren tun. Praktisch liegen ja die Verhältnisse bei den minderwertigen Brennstoffen ganz anders, weil nicht der Vergleich mit der Garung in Frage kommt, sondern der Vergleich mit der Brikettierung. Legen wir z. B. einen Lignit mit 3500 kcal Heizwert bei 5.— ℳ/t zugrunde, so ist zu untersuchen, ob der Schwelkoks zu einem Preise herzustellen ist, der dem Brikettpreis von 15.50 ℳ/t gleichkommt. Rechnet man mit 7 vH Teerausbeute und 100 m³ Gas auf 1 t, das mit 2 ₰/m³ bewertet werden kann, ferner mit einer Schwelkoksausbeute

[1]) Arnemann, Verschwelung und Vergasung von Braunkohle, Z. f. angew. Ch. Bd. 37 (1924) S 713.

[2]) ebenda u. dieses Heft S. 564.

[3]) Seidenschnur, Braunkohlenflammkoks, „Braunkohle" Bd 23 1924/25) S. 352.

[4]) Die Praxis des wirtschaftlichen Verschwelens und Vergasens, angewandt auf mulmige Rohbraunkohle und sonstige feinkörnige Brennstoffe. Halle a. S. 1925, W. Knapp.

[5]) Hubmann, Braunkohlentrocknung und -schwelung durch Innenheizung „Braunkohle" Bd. 23 (1924/25) S. 527; s. a. dieses Heft folgende Seite.

[6]) Vergl. „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 86.

Zahlentafel 7. Wirtschaftlicher Vergleich der Garung und Schwelung nach Sperr.

	Garung		Schwelung	
	Menge	Wert in ℳ	Menge	Wert in ℳ
Gas . . . . m³	345	14,49	150	7,56
Teer l	45	2.52	76	4.30
Benzol . . . . „	9,8	2,18	9.8	2.18
Sulfat . . . . kg	11,3	3.15	4.5	1,26
Summe ℳ		22.34		15,30

von nur 42 vH, so stellt sich nach Erfahrungswerten bei beiden Verfahren: mit Außenheizung und mit Innenheizung, 1 t Schwelkoks zu rd. 9 ℳ.

Man sieht, daß bei der Wahl mittlerer Annahmen das Erfordernis gerade erfüllt ist, aber kein solcher Überschuß bleibt, der einen Anreiz bieten könnte. Selbstverständlich wird das Bild bei teerreicheren Brennstoffen günstiger, auch kann die Möglichkeit einer vorteilhafteren Verwendung des Gases in Einzelfällen eine Verschiebung herbeiführen, aber der Schwerpunkt liegt auch hier im Rückstand, dem Schwelkoks. Ist man eben, wie früher ausgeführt, in der Lage, ein stückiges Enderzeugnis von vorteilhafter Zusammensetzung zu erhalten, so wird sein Verkaufpreis nicht nur bis an den Kokspreis von 24 bis 30 ℳ herankommen, sondern kann ihn leicht übersteigen, da der gegenwärtige Holzkohlenpreis 70 bis 100 ℳ beträgt. Wesentlich anders liegen die wirtschaftlichen Bedingungen für die häusliche Verwendung (Grude), weil bei diesem Enderzeugnis ein weit billigerer Ausgangsstoff: erdige Braunkohle, verwendet werden kann, der nur halb so teuer ist. Selbst bei höherm Selbstverbrauch ist daher in diesem Fall eine Wirtschaftlichkeit sicher. Die Entscheidung liegt aber bei den Arbeits- und Kapitalkosten, und diese sind nur bei großen Leistungen in billigen Einrichtungen zu gewährleisten, wie sie die Verschwelung mit Innenheizung bietet.

An dieser Stelle verdient noch ein besonders minderwertiges Naturgut, der Ölschiefer, Erwähnung. Der Ölschiefer unterscheidet sich von den gewöhnlichen Brennstoffen dadurch, daß bei der Destillation der weitaus überwiegende Teil der brennbaren Substanz in Form von Öl bzw. Teer abgespalten wird. Der Wärmeinhalt im verbleibenden Rückstand tritt bereits wesentlich zurück, der Wärmeinhalt des entstehenden Destillationsgases ist überhaupt verschwindend, in der Regel etwa 10 vH. Es ist klar, daß man bei der Verschwelung dieses Stoffes von vornherein auf die Gewinnung des Gases keinen Wert legen darf, daß aber auch die Rückstände, die nach Sachlage der Dinge etwa 80 vH Aschenbestandteile und nur 20 vH Koks enthalten, als Brennstoff nicht verwertet werden können. Beim Ölschiefer ist daher der Rückstand der gegebene Heizstoff für die Durchführung der Destillation. Bei den bisher gebräuchlichen Verfahren, die in der Regel nur bei Schiefer angewendet werden, der etwa 12 bis 20 vH flüssige Destillate ergab, benutzte man den Schieferrückstand im untersten Teil der Retorte als Vergasungsstoff, während die fühlbare Wärme der so erzeugten Halbgase den Wärmeträger für den Schwelvorgang abgab. Bei ärmeren Schiefern verbietet sich dieses Verfahren, weil die Gasausbeute bei der Vergasung zu gering ist, als daß genügend fühlbare Wärme zur Verfügung stände. Es ist daher naheliegend, dabei den Verwertungsweg so zu wählen, daß man die Schieferrückstände zwar vergast, aber die so gebildeten Halbgase verbrennt und die fühlbare Wärme der Abgase als Wärmeträger benutzt. Da die Verbrennung von Gas jede Beschränkung eines schädlichen Luftüberschusses ermöglicht, erhält man bei diesem Verfahren befriedigende Ausbeuten. Die Erfahrungen der schottischen Schieferindustrie und auch in andern Gegenden, wo man nach ungefähr den gleichen Verfahren arbeitet, zeigen aber, daß die Anwesenheit von Wasserdampf bei der Verschwelung von außerordentlich günstigem Einfluß auf die gewonnenen Destillationserzeugnisse ist, und aus diesem Grunde liegt es nahe, den Überschuß an fühlbarer Wärme der Verbrennungsgase nicht durch eine einfache Temperaturregelung zu vernichten, sondern in Dampfform überzuführen. Das ist in Verdampfern durchführbar, ähnlich wie sie für die Sättigung der Vergasungsluft im Generatorbetrieb bereits verwendet werden, und es ist bei Zwischenschaltung eines solchen Verdampfers keineswegs notwendig, aus den Rückständen zuerst Halbgas herzustellen und dieses zu verbrennen, sondern man kann in einer geeigneten Schüttfeuerung oder auf einem Wanderrost sofort aus den Rückständen Abgase von niedrigem Sauerstoffgehalt herstellen. Die angeführten neuen Wege haben für die Entwicklung der Ölschieferindustrie nicht nur aus dem Grunde Bedeutung, weil sie überhaupt erst die Möglichkeiten bieten, arme Schiefer nutzbar zu machen, sondern noch viel mehr deswegen, weil man genau so wie bei der Verschwelung minderwertiger Brennstoffe schachtartige Zylinder von großem Durchmesser für den Vorgang gebrauchen kann, so daß man große Leistungen in der Einheit erzielt. Im Zusammenhang damit werden sowohl die Arbeitskosten als auch der Anteil an Kapitalkosten sehr gering, was natürlich bei einem Ausgangstoff entscheidend ist, der im Unterschied von den andern niederwertigen Brennstoffen nur ein Enderzeugnis bietet, das Öl bzw. den Teer. Gewiß kann die Verarbeitung der Ölschiefer in Zukunft in wirtschaftlicher Hinsicht noch beeinflußt werden, wenn es gelingt, die Rückstände zur Zementherstellung oder dgl. zu verwerten, aber es ist zweifellos, daß dieser Vorteil keine grundlegende Verschiebung mit sich bringen kann. Infolgedessen hat das neuzeitliche Schwelverfahren auch für die Ausnutzung dieses weit verbreiteten, aber außerordentlich armen brennbaren Gesteines eine große Wichtigkeit.

Ausblick.

Zusammenfassend können wir feststellen, daß das Bestreben der Brennstoffwirtschaft immer mehr und mehr dahin geht, die geringwertigen Naturgüter in weitestgehendem Umfang heranzuziehen, und daß die neuere Entwicklung der Schwelindustrie unter Benutzung von schachtartigen Öfen mit Innenheizung eine Möglichkeit bietet, dieses Veredelungsverfahren auch bei armen Brennstoffen mit Erdöl anzuwenden. Vorstehende Ausführungen haben wohl zur Genüge gezeigt, daß für die bei diesem Verfahren gewonnenen veredelten End- und Nebenerzeugnisse ein Bedarf in genügendem Umfang vorliegt. Dieser wird um so mehr in Erscheinung treten, je mehr der Verbrauch an flüssigen Brennstoffen zunimmt, eine Entwicklung, die wir überall in der Welt ohne Zweifel feststellen können und die in unserem Vaterland nur durch die ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse zurückgehalten worden ist. [B 244]

Schwelung mit Innenheizung nach dem Lurgi-Verfahren.

Von Dr.-Ing. Oetken und Dr.-Ing. Hubmann, Frankfurt am Main.

Aus dem Bestreben, Öl aus den einheimischen Brennstoffen zu gewinnen, hat sich in den letzten Kriegsjahren der Gaserzeuger mit Urteergewinnung entwickelt. Seiner weitgehenden Einführung stand in erster Linie die Schwierigkeit der Verwendung großer Gasmengen im Wege, da bis heute für den Kraftwerkbetrieb mit seinen Schwankungen keine wirtschaftliche Betriebsweise mit Gas möglich ist. Die Schwelgaserzeuger haben sich deshalb nur dort einführen können, wo durch die Bedürfnisse von Hüttenwerken, keramischen Betrieben oder Gaswerken große Zentralgaserzeuger für Mischgas erforderlich waren. Dort sind sie allerdings zum Teil in großen Anlagen ausgeführt worden, Abb. 1.

Die weiteren Bestrebungen der Urteergewinnung richteten sich daher auf die Verschwelung des Brennstoffes mit dem Ziele, große Gasmengen zu vermeiden und nur Halbkoks und Urteer, gegebenenfalls geringe Mengen von Schwelgas zu gewinnen. Die Erfahrungen in den zahlreichen mit Schwelretorten ausgerüsteten Gaserzeugeranlagen, jahrelange Großversuche mit Vorrichtungen zum Trocknen und Entgasen von Rohbraunkohlen und Torf schufen die Grundlagen und geben berechtigte Aussicht auf die wirtschaftliche Durchführbarkeit der Verschwelung auch erdiger Rohkohlen durch unmittelbare Heizung mit indifferenten Gasen. So entstand ein Verfahren der Schwelung mit reiner Innenheizung, das Lurgi-Verfahren der

Abb. 1. Schwelgaserzeugeranlage nach dem Lurgi-Verfahren.

Lurgi-Gesellschaft für Wärmetechnik m. b. H., Frankfurt am Main. Die wesentlichsten Gesichtspunkte bei der Durchbildung des neuen Schwelverfahrens waren folgende:

1. Erreichung einer hohen Durchsatzleistung.

Der Wärmeaustausch kann bei unmittelbarer Berührung zwischen dem Schwelmittel und den Kohlen wirksamer gestaltet werden als bei den Verfahren mit Außenheizung. Ein Vergleich der Schachtleistungen von Schwelgaserzeugern mit denen des Rolleofens entschied für die unmittelbare Heizung.

2. Durchführung des Vorganges bei niedrigster Temperatur.

Die Entgasung der Kohlen ist bei unmittelbarer Heizung bei geringerer Temperatur möglich als bei Außenheizung. Dadurch wird sichergestellt, daß ein gasreicher, poröser und daher besonders reaktionsfähiger Koks gewonnen und eine Zersetzung der ausgetriebenen Teerdämpfe vermieden wird.

3. Günstige Wärmewirtschaft.

Die Innenschwelung erfordert geringe Temperaturgefälle. Hocherhitzte Außenwandungen können daher vermieden werden. Die auf die Raumeinheit gesteigerte Durchsatzleistung beschränkt die prozentualen Wärmeverluste auf ein Mindestmaß, so daß die Wärmewirtschaft des Verfahrens ein Höchstmaß erreicht.

4. Betriebsichere, ausdauernde Bauart.

Eiserne Bauteile haben geringe Lebensdauer, wenn sie einem Heizgasstrom von 500 bis 700 °C ausgesetzt werden, während die Anwendung feuerfesten Baustoffes für Retorten an seiner geringen Wärmeleitfähigkeit und damit geringen Leistungen scheitert. Bei der Innenheizung besteht eine Zerstörungsgefahr nur für wenige Bauteile, so daß die Schaffung einer lebensfähigen, betriebsicheren Konstruktion mit einfachen Mitteln erreichbar ist.

Nach der Entscheidung für ein Innenschwelverfahren waren die folgenden Richtlinien leitend:

5. Trennung von Schwelung und Trocknung.

Der für den eigentlichen Schwelvorgang notwendige Aufwand an Schwelmitteln ist für die Wirtschaftlichkeit der Arbeitsweise von ausschlaggebender Bedeutung. Der Schwelvorgang wurde deshalb weitgehend von der Trocknung entlastet, und so waren die Staubentwicklung und die Temperaturverhältnisse beim Schwelen beherrschbar und die Teernebel mit Rücksicht auf die Kosten der Gasreinigung in einer nahezu gleichen Verdichtung erhältlich wie bei der Außenheizung. Die Wirtschaftlichkeit einer Benzinwäsche ist überhaupt nur bei genügender Verdichtung der Schwelerzeugnisse gegeben. Der Trocknungsvorgang als Hauptwärmeverbraucher konnte anderseits mit einfacheren Mitteln und mit besserem Wirkungsgrad durchgeführt werden.

6. Heizeinrichtungen.

Mit Rücksicht auf die Schwierigkeiten, die mit der Verwendung von Überhitzern aus Eisen oder Stein verbunden sind, werden Trocken- und Schwelmittel in einfachster Weise durch Beimischen von heißem Verbrennungsgas oder durch Teilverbrennung erhitzt. Die Gefahr, das permanente Schwelgas infolge zu starker Verdünnung durch Verbrennungsgas zu verlieren, wird dadurch vermieden, daß als Schwelmittel das durch geringe Teilverbrennung erhitzte, wasserdampfhaltige Zusatzgas verwendet wird, dessen Menge durch den Wärmebedarf der Trocknung festgelegt ist. Der Überschuß an Wasserstoff im Schwelmittel beeinflußt gleichzeitig die Güte der Schwelerzeugnisse in vorteilhafter Weise.

7. Erhaltung des Gefüges der Kohlen.

Der bei der Trocknung und Erhitzung unvermeidliche Zerfall der Braunkohlen mußte durch geeignete Trocknerbauart auf ein Mindestmaß eingeschränkt werden. Es wurde ein zweistufiger Schachttrockner benutzt, der Zerreiben des Stoffes vermeidet und durch die zweistufige Gasführung gleichmäßiges Trocknen bei voller Wärmeausnutzung gewährleistet.

Eine übersichtliche Darstellung eines Lurgiofen kleinster Abmessungen, für den

a Rohkohlenbunker
b Vortrockner
c Verbrennungsofen für den Trockner
d Gebläse
e Kreislaufleitung
f Abschwadenleitung
g Schweler
h Schwelzone
i Kühlzone
k Koksaustragung
l Verbrennungsofen für den Schweler
m Schwelgasleitung
n Staubsack
o Zusatzgasleitung
p elektr. Teerabscheider
q Gebläse
r Kühlgasleitung
s Heizgasleitung
t Kühler
u Leichtölwäscher
v Windgebläse
w Windleitung
x Urteergenerator
y Staubsack

Abb. 2. Übersichtliche Darstellung des Lurgi-Schwelverfahrens.

die vorstehenden Grundsätze verwirklicht worden sind, zeigt Abb. 2.

Die Anlage besteht aus dem zweistufigen Schachttrockner, der in einem Schachtofen angeordneten Schwel- und Kühlzone, der Teergewinnungsanlage und dem Zusatzgaserzeuger. Das zu schwelende Gut wandert vom Bunker kommend zuerst durch den Trockner, wo eine Entziehung des Wassers bis auf rd. 1 bis 2 vH unter dem Einfluß durchströmender Gase von rd. 250 °C stattfindet. In der Schwelzone wird die Entteerung mittels Spülgases von rd. 500 °C vorgenommen. Anschließend wird in der Kühlzone dem Halbkoks durch Gaskühlung die fühlbare Wärme entzogen und der Koks trocken ausgetragen. Der Wärmebedarf wird zum Teil durch Verwendung des Schwelgases, bei wasserreichen Brennstoffen jedoch größtenteils durch Zusatzgas gedeckt, das ein Schwelgaserzeuger liefert. Schwelmittel und Zusatzgas werden in einer gemeinsamen Gasreinigungsanlage entteert. Aus dem unmittelbar verbrannten Teil des Gasgemisches wird noch in einer Waschanlage das Leichtöl ausgewaschen. Das für die Heizung nötige Verbrennungsgas wird in je einem am Trockner und Schweler angeordneten Verbrennungsofen erzeugt, und zwar wird in diesen Öfen das vom Teer und Leichtöl befreite Gas mit der theoretischen Luftmenge verbrannt. Die gewünschten Trocken- und Schweltemperaturen werden durch Reglung der Menge der jeweils beigemischten frischen Verbrennungsgase eingestellt. Beim Trockner wird die Luft mit dem vom Trocknergebläse umgewälzten Trockengas, beim Schweler mit dem in der Kokskühlzone vorgewärmten, vorwiegend aus entteertem Generatorgas bestehenden Gasstrom gemischt. Da nur an einer Stelle Luft für die Vergasung bzw. Verbrennung eingeführt und nur an einer Stelle der entsprechende Wrasen aus dem Trockner abgeführt wird, so hat sich das Kreislaufverfahren nach einmaliger Einstellung als sehr einfach und betriebsicher erwiesen.

Für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens bildet die weitgehende Ausnutzung der Gasgemische durch die Kreislaufführung eine wesentliche Grundlage. Ein andrer wichtiger Punkt ist die Ausnutzung der fühlbaren Wärme des Halbkokses, der ohne nachträgliche Wasserkühlung gewonnen werden kann. Endlich muß auf die günstigen Bedingungen für die Leichtölgewinnung aus dem zur Verbrennung bestimmten Gase verwiesen werden, die sich bei der hohen Konzentration von 15 bis 25 g für 1 m^3 Gas stets mit wirtschaftlichem Erfolg durchführen läßt.

Einige wesentliche mit einem 13 t-Lurgi-Ofen (einer Zelle) erhaltenen Versuchsergebnisse sollen nachfolgend mitgeteilt werden:

Ausgangstoff: Erdige Rohbraunkohle mit rd. 45 vH Wassergehalt und rd. 7,5 vH Asche, unterer Heizwert rd. 3000 kcal, Teergehalt (n. Graefe) 8,74 vH;
Durchsatz für eine Zelle: rd. 13,75 t/24 h,
Bedarf an Zusatzbrennstoff: rd. 13 vH,
Koksausbeute: 29,81 vH (= rd. 98 vH der Schwelanalyse);
Teerausbeute: 8,28 vH (= rd. 95 vH der Schwelanalyse);
Leichtölausbeute: 0,66 vH des Durchsatzes.
Rohteer: spez. Gewicht bei 44 °C: 0,925,
Erstarrungspunkt: 41,5 °C,
Benzolunlösliches: 0,12 vH,
Wassergehalt: 0,07 vH,
Paraffingehalt: 11 vH.
Halbkoks: unterer Heizwert rd. 6200 kcal,
Aschengehalt: 22,5 vH,
flüchtige Bestandteile: rd. 15 vH.

Abb. 3. Wärmestrombild des Lurgi-Schwelofens.

Für den Wärmefluß ergibt sich nach Übertragung der Versuchsergebnisse auf die gegenüber dem Versuchsofen etwas abgeänderte Bauart, Abb. 2, das Wärmestrom-Schaubild, Abb. 3.

Das Schaubild geht aus von einer Rohbraunkohlensorte mit 45 vH Wassergehalt, mit 8,7 vH Teer und Verwendung von Briketts als Zusatzbrennstoff, die in einem Schwelgaserzeuger verstocht werden.

Das vorstehend geschilderte Arbeitsverfahren erfährt natürlich für Brennstoffe mit geringem Wassergehalt gewisse Änderungen, jedoch ist auch bei mäßigem Wassergehalt die Anwendung eines Vortrockners empfehlenswert, um die Schwelzone zu entlasten und die Gewinnung eines staubfreien, unzersetzten Urteers zu gewährleisten. Von einer gewissen Feuchtigkeit der Kohlen ab kann ohne Zusatzgeneratorgas gearbeitet werden. Ein Gaserzeuger wird in diesem Fall in kleinem Ausmaß nur für das Anheizen gebraucht.

Nach etwa einjährigen Großversuchen mit dem neuausgearbeiteten Verfahren können heute die Grundlagen für den Bau von Großanlagen als gegeben angesehen werden. Der Schachtbau kann ohne wesentliche konstruktive Abänderungen bei der Großanlage beibehalten werden, die sich aus 4 bis 8 Zellen der erprobten Einheit zusammensetzt. Auf konstruktive Einzelheiten über den Zusammenbau der Einzelzellen soll hier nicht eingegangen werden. Erhebliche Abweichungen erfordert die Großanlage hinsichtlich der Förderanlagen. Indessen handelt es sich dabei nur um die Anwendung technisch bekannter Elemente.

Das Lurgi-Verfahren ist in erster Linie ausgebildet worden für die Verschwelung von erdigen Braunkohlen und Lignit mit Rücksicht darauf, daß die Rohbraunkohlen-Verschwelung im allgemeinen wegen der günstigen Zusammensetzung des Braunkohlenteers und die Eignung von Braunkohlen-Halbkoks für Hausbrand (Grude) und Staubfeuerung besondere Entwicklungsmöglichkeiten bietet. [B 250]

Schwelverfahren der AVG.

Die Allgemeine Vergasungs-Gesellschaft m. b. H., Berlin-Halensee, betreibt seit einer Reihe von Jahren die Verschwelung von bituminösen Brennstoffen, und zwar entweder als Selbstzweck zur Erzeugung von Koks und Teer oder in Verbindung mit dem Generatorgasverfahren. Die im folgenden angegebenen Zahlen für das reine Schwelverfahren stützen sich auf die Ausführung einer betriebsmäßigen Versuchsanlage. Die Zahlen für die Generatorschwelverfahren sind in vielfachen Ausführungen erreicht worden.

Die Schwelanlage zur Gewinnung eines leicht brennbaren Halbkokses und eines fast ganz unzersetzten Urteeres gibt Abb. 1 im Schema wieder. Die Anlage besteht aus einer Heizgaserzeugung mit dazugehöriger Gasreinigung und aus der eigentlichen Schwelerei, an die gleichfalls eine Entteerungsanlage für das Schwelgas angeschlossen ist.

Abb. 1. Braunkohlen-Schwelanlage.

Die Heizgaserzeugung kann von der gleichen Art sein wie die weiter unten näherbeschriebene. Die Schwelerei besteht aus einem Verbrennungs- oder Heizofen, wo heiße Abgase erzeugt werden, aus dem Schwelofen, einem senkrecht stehenden Schacht, der von oben begichtet wird und aus dessen oberem Ende die Schwelgase in die Entteerung abgesaugt werden, und der Entteerung selbst, die nach denselben Grundsätzen wie die Teergewinnung und Gasreinigung des weiter unten beschriebenen Generatorschwelverfahrens durchgeführt wird.

Als Schwelgut kommt nur stückiges Gut in Frage: Steinkohlen, getrocknete Rohbraunkohlen, Briketts, Ölschiefer.

Die Verschwelung geht folgendermaßen vor sich: Das gereinigte Heizgas wird der Schwelerei zugeführt, und zwar zunächst dem Verbrennungsofen. In ihm wird das Gas mit Luft verbrannt. Gas und Luft werden beide unter Regelung des Druckes dem Verbrennungsofen zugeführt, und auch die Verbrennung wird unter einem bestimmten Druck durchgeführt, wie er für die Durchdringung der zu verschwelenden Kohlenschicht erforderlich ist. Um alsdann die Verbrennungsgase auf die für die Verschwelung richtige Temperatur zu bringen, führt man ihnen entteertes Schwelgas zu, durch dessen geringe Menge an brennbaren Bestandteilen außerdem noch eine weitere Sicherheit für die Entfernung eines etwaigen Sauerstoffüberschusses der Verbrennungsgase geboten wird. Das so hergestellte inerte Gasgemisch hat eine Temperatur von etwa 500 °C und wird in den mittleren Teil des Schwelschachtes eingeführt. Hier umspült es das ihm entgegenwandernde stückige Schwelgut, wobei durch entsprechende Wahl der Größenverhältnisse die Bildung möglichst hoher Temperaturstufen erreicht wird. Die mit Teer beladenen Schwelgase werden am obern Ende des Schachtes abgenommen und in die Entteerungsanlage gedrückt. Von der Gesamtmenge der entteerten Schwelgase wird ein der Menge des jeweils zur Verwendung gelangenden frischen Heizgases entsprechender Teil ausgepufft, der Rest zur Trockenkühlung des Schwelkokses und zur Einstellung der Temperatur des zur Verschwelung dienenden Verbrennungsgases dem Schwelvorgang selbst wieder zugeführt. Hierdurch wird auch noch die Wärme des im untern Teil des Schwelschachtes absinkenden Schwelkokses zurückgewonnen und für den Verschwelungsvorgang nutzbar gemacht. Der abgekühlte trockene Schwelkoks wird selbsttätig ausgetragen.

Das Heizgas kann aus bituminösem oder bitumenfreiem Brennstoff gewonnen werden. Wert ist nur darauf zu legen, daß gereinigtes Gas in den Heizofen gelangt.

Über die Leistungsfähigkeit einer solchen Anlage mögen die folgenden Angaben unterrichten:

Ein Schwelofen von 3 m Schachtdurchmesser setzt, mit mitteldeutschen Braunkohlenbriketts beschickt, rd. 75 t in 24 h durch und erfordert an Schwelwärme in Gasform rd. 400 kcal auf 1 kg Briketts. Das abziehende Schwelgas ist benzinfrei, und mit ihm gehen als Brennwert etwa 3 vH des Heizwertes der Kohlen verloren. Der Halbkoks hat einen hohen Gasgehalt und wird wasserfrei in einer Ausbeute von rd. 47 vH gewonnen. Die Teerausbeute beträgt 110 bis 115 vH, bezogen auf die Thüringische Schwelanalyse. Der Teer stockt bei rd. 47 °C und besteht zu ⅔ aus montanwachsartigen Bestandteilen.

Abb. 2. Anlage für Generatorschwelung mit Urteergewinnung.

Die Generator-Schwelverfahren arbeiten in der Weise, daß vor der eigentlichen Vergasung das Vergasungsgut mit Hilfe der fühlbaren Wärme des Generatorgases selbst entschwelt wird. Demgemäß vollziehen sich die Verschwelung und die Vergasung in dem entsprechend ausgebauten Gaserzeuger. Eine Anlage für Generatorschwelung nach der Ausführung der AVG ist in Abb. 2 schematisch dargestellt; sie besteht aus den Schwelgeneratoren, der Gasreinigung und der Gaskühlung.

Der Schwelgenerator besteht aus dem unteren weiteren Teil, dem eigentlichen Drehrostgaserzeuger mit Wassermantel, dem Schwelschacht und der auf diesem sitzenden Füllvorrichtung. Die aus dem Gaserzeuger mit einer Temperatur von etwa 500 bis 600 °C austretenden Gase ziehen durch den Schwelschacht, bewirken hier die Verschwelung und werden mit den Teerdämpfen am oberen Schachtende abgesaugt. Sie gelangen dann in einen mit Teer berieselten Desintegrator, werden hier und in dem nachfolgenden Tropfenfänger von den Teerdämpfen befreit und nunmehr mit einer noch über ihrem Taupunkt liegenden Temperatur zur Gaskühlung gedrückt. Dieser Teil der Anlage umfaßt einen Rieselkühler und einen Kaminkühler, von denen in Abb. 2 nur der Rieselkühler dargestellt ist. In diesem wird das Gas, das je nach dem Wassergehalt der zur Vergasung kommenden Kohlen eine etwa zwischen 60 und 80 °C liegende Temperatur hat, in einem Wärmeaustauschverfahren auf Lufttemperatur abgekühlt. Hierbei überträgt das Gas seine Wärme auf den Gaserzeugerwind und gibt diesem die volle Betriebsättigung oder eine dem Wassergehalt des Gases entsprechende Vorsättigung. Die Rolle des Wärmeüberträgers übernimmt bei diesem Wärmeaustausch Wasser.

Da das nach der Windvorwärmung den Rieselkühler verlassende Wasser noch warm ist, leitet man es, um diese Restwärme zu vernichten, noch durch einen Kaminkühler um. Auf diese Weise wird einmal für die Gaskühlung kaltes Wasser im Kreislauf zurückerhalten und dann der nach der Windsättigung noch verbleibende Überschuß des beim Kühlverfahren anfallenden Schwelwassers durch weitere Verdunstung vernichtet.

Aus einer solchen Gewinnung der fühlbaren Wärme der heißen Generatorgase (besonders auch der Gase von Schwelgeneratoren) und aus ihrer Nutzbarmachung zur Erzeugung niedrig gespannten Dampfes für den Gaserzeugerwind und zur Vernichtung von Schwelwässern ergeben sich wärmetechnische und wärmewirtschaftliche Vorteile, über die in einem besonderen Aufsatz demnächst berichtet werden soll.

Über die Leistungsfähigkeit einer solchen Anlage geben die Angaben in Zahlentafel 1 ein Bild.

Zahlentafel 1. Ergebnisse einer Urteer-Vergasungsanlage, Bauart AVG.

(Mitteldeutsche Braunkohlenbriketts mit einem unteren Heizwert von 4750 kcal und einem Teergehalt von 10 vH.)

		Einheit	Wert
Anzahl der Schwelgeneratoren von 2,6 m Dmr.			2
Durchsatz eines Generators in 24 h		t	20
Durchsatz der Anlage in 24 h		„	40
Erforderlicher Frischdampf auf 1 kg Brikett		kg	0,24
Erzeugte Gasmenge aus 1 kg Brikett		m^3	2,08
Unterer Heizwert des Gases		kcal/m^3	1700
Teer aus 1 kg Brikett Schwelanalyse		vH	95
Unterer Heizwert des Teeres		rd. kcal/kg	10 000
Erzeugtes Gas in 24 h		m^3	83 100
Ausgebrachte Wärmemenge in 24 h in Gasform		1000 kcal	141 500
Erzeugter Teer in 24 h		t	3,8
Wärmebilanz: Eingebrachte Wärme auf 1 kg Brikett	in den Kohlen	kcal	4 750
	im Dampf	„	100
	in der Luft	„	5
	insgesamt	„	4 855
Wärmebilanz: Ausgebrachte Wärme auf 1 kg Brikett	im teerfreien Gas	„	3 535
	im abgesch. Teer	„	950
	insgesamt	„	4 485
Wärmewirkungsgrad der Anlage		vH	92
Theoretisch erreichbare Verbrennungstemperatur bei Verbrennung des Gases mit 15 vH Luftüberschuß		°C	1725
Nutzbares Temperaturgefälle bei einer Abgastemperatur von 400		°C	1325

Zur Kennzeichnung der Teerbeschaffenheit seien im nachfolgenden Ergebnisse der Untersuchung einer Teerprobe aus einer wie oben beschriebenen Anlage mitgeteilt, in der gleichfalls mitteldeutsche Braunkohlenbriketts verarbeitet werden.

Spezifisches Gewicht bei 15 °C		0,945
Stockpunkt	°C	37
Flammpunkt	„	126
Siedebeginn	„	154
Wasser	vH	0,50
Benzolunlösliches	„	0,67
Mineralische Asche	„	0,07
Paraffin	„	18
Unterer Heizwert	kcal	9446

Was den Betrieb einer solchen Anlage betrifft, so soll nur hervorgehoben werden, daß (richtige Bedienung der Generatoren vorausgesetzt) jede Stocharbeit fortfällt und ferner, daß das Gas hinsichtlich Menge und Güte in vollkommener Gleichmäßigkeit erzeugt wird. [B 252]

Die Verschwelung der Kohlen im stehenden Drehofen, Bauart Meguin.

Von Dr.-Ing. A. Sander, Butzbach.

Für die wirtschaftliche Durchführung der Verschwelung sind Öfen von großem Durchsatz (50 bis 100 t in 24 h) erforderlich, die ununterbrochen betrieben werden können. Dieser Forderung entspricht am besten der Drehofen, wie er seit langem in der Zementindustrie in Gebrauch ist. Man hat denn auch in Deutschland zuerst liegende, oder schwach geneigte Drehöfen mit Außenheizung für die Verschwelung der Kohlen benutzt, doch zeigte sich beim Betrieb dieser Öfen, daß der Halbkoks infolge der beständigen Umwälzung der Kohlen weitgehend zermahlen wird und daß hierbei eine starke Staubentwicklung auftritt, wodurch ein schwer zu verarbeitender und daher minderwertiger Urteer gewonnen wird.

Dem Bestreben, diese beiden empfindlichen Mängel der bisher benutzten Öfen zu beseitigen, verdankt der stehende Drehofen, Bauart Meguin, seine Entstehung, über dessen Einrichtung und Betrieb an dieser Stelle[1]) bereits kurz berichtet worden ist. Der leitende Gedanke bei der Konstruktion dieses Ofens war, durch Anwendung der Fliehkraft eine Verdichtung des Schwelgutes in dem Augenblick herbeizuführen, wo es infolge der Erhitzung von außen plastisch wird, und so aus Steinkohlen einen Halbkoks von größerer Festigkeit zu gewinnen, als dies bisher möglich war.

Die rasche Drehung der beiden Trommeln bewirkt, daß sich das oben aufgegebene Gut gleichmäßig an der ganzen Trommelwand verteilt und in dieser Lage während des ganzen Schwelvorganges festgehalten wird, wobei die auf der inneren Trommel aufgeschweißte Schnecke das Gut zwangläufig von oben nach unten befördert. So kommt es, daß in dem Meguin-Ofen aus backenden Steinkohlen ein ziemlich großstückiger und dichter Halbkoks, vorwiegend in schalenförmigen Brocken von 30 bis 40 mm Dicke gewonnen wird, obwohl der Zwischenraum zwischen den beiden Trommeln 100 mm beträgt. Bei nicht backenden Steinkohlen kann natürlich die Wirkung der Fliehkraft in dem Enderzeugnis nicht wirksam werden; infolgedessen kommt solches Gut, äußerlich betrachtet, in dem gleichen Zustand, wie es aufgegeben wurde, aus dem Ofen heraus. Aber auch in diesem Falle legen sich die Kohlen beim Durchgang durch den Ofen in dünner Schicht an der Wandung der Außentrommel an. Es ist ohne weiteres verständlich, daß hierdurch einmal eine bessere Wärmeübertragung

[1]) Z. Bd. 69 (1925), S. 108.

und damit eine gleichmäßigere Verschwelung der Kohlen erreicht wird und daß ferner, was besonders wichtig ist, die Staubbildung stark zurückgedrängt wird, die ja bei den liegenden Drehöfen so stark ist, daß man in ihnen Feinkohlen überhaupt nicht verarbeiten kann. Aber gerade Feinkohlen von weniger als 10 mm Korngröße, die mancherorts in besonders reichlichen Mengen anfallen und deren Nutzbarmachung daher vielen Zechen große Sorge bereitet, lassen sich in dem stehenden Drehofen besonders gut verschwelen, wie eine Reihe ausgedehnter Versuche mit westfälischen und oberschlesischen Staubkohlen gezeigt hat.

Ein anderer sehr wesentlicher Vorzug des stehenden Drehofens ist, daß man hier die flüchtigen Schwelerzeugnisse im Gegenstrom zu den aufgegebenen Kohlen abziehen kann. Infolgedessen gelangen die Teerdämpfe und Gase sofort nach ihrer Entstehung in kältere Zonen, und eine nachträgliche Zersetzung an der heißen Trommelwand ist ausgeschlossen. Auch das ist bei der liegenden Drehofenbauart nicht möglich, vielmehr müssen hier auch die aus der frisch aufgegebenen Kohle austretenden Teerdämpfe und Gase das heiße Rohr auf seiner ganzen Länge durchwandern, wobei sie reichlich Gelegenheit haben, mit der heißen Trommelwand, die ja hier nur zu einem geringen Teile mit Kohlen bedeckt ist, in Berührung zu kommen.

Nicht minder wichtig ist die Tatsache, daß die stehende Drehtrommel im Gegensatz zur liegenden nicht auf Biegung beansprucht wird und daß somit eine Überlastung der Trommel durch zu starke Aufgabe von Kohlen nicht zu befürchten ist. Aus diesem Grunde kann auch eine vorübergehende Überhitzung der Trommel beim stehenden Ofen keinen Schaden anrichten, was sehr wesentlich zur Erhöhung der Betriebsicherheit beiträgt.

Schließlich kann man bei der stehenden Anordnung der Trommel zum Abdichten der Gas- und Heizräume gegeneinander wie gegen die Außenluft Wassertassen verwenden, die vollkommen gasdicht sind, den Kraftbedarf des Drehofens kaum erhöhen und auch hinsichtlich ihrer Betriebsicherheit den sonst gewöhnlich benutzten Stopfbüchsen weit überlegen sind.

Auf Grund der bisherigen umfangreichen Schwelversuche, die mit etwa 80 Kohlensorten der verschiedensten Herkunft und Beschaffenheit angestellt worden sind, darf man sagen, daß sich die Erwartungen, die man in diese neue Ofenkonstruktion gesetzt hat, völlig erfüllt haben. Es bestehen daher auch keinerlei Bedenken, nach dieser Bauart große Drehöfen von 10 m Höhe und 2,5 m Dmr. zu bauen, die 60 bis 75 t Kohlen in 24 h durchsetzen können. Bei einer solchen Großanlage werden sich zweifellos in mancher Hinsicht, so z. B. bezüglich der Wärmewirtschaft, noch wesentlich günstigere Ergebnisse erreichen lassen, als bei dem jetzigen Versuchsofen, der nur 4 bis 5 t in 24 h durchsetzt.

Obwohl der stehende Drehofen ursprünglich nur für die Verschwelung von Steinkohlen konstruiert worden war, hat sich gezeigt, daß er auch für die Verschwelung von Braunkohlen sehr gut geeignet ist. Während in andern Ofenkonstruktionen nur stückige oder abgesiebte Braunkohlen im Dauerbetrieb verschwelt werden können, läßt sich im Meguin-Drehofen jede noch so mulmige Braunkohlensorte mit gutem Erfolg verschwelen. Da die sandigen Braunkohlen bei der Drehung des Ofens, ebenso wie dies oben bereits für nicht backenden Steinkohlenstaub erläutert worden ist, durch die Fliehkraft an die Wandung der Außentrommel in dünner Schicht angepreßt werden, so bleiben die

Zahlentafel 1. Ergebnisse von Schwelversuchen im stehenden Drehofen.

		Deister-Kohle	Rheinische Braunkohle (getrocknet)
Zusammensetzung der Kohle:			
Wassergehalt	vH	9,5	16,4
Aschengehalt	„	16,2	5,3
Koksrückstand	„	63,0	40,0
flücht. Bestandteile	„	27,5	43,6
Unterer Heizwert	kcal	5380	4357
Schwelanalyse:			
Halbkoks	vH	73,3	50,0
Urteer	„	7,0	6,9
Gase	„	6,6	17,3
Schwelwasser	„	3,6	9,4
hygroskopisches Wasser	„	9,5	16,4
		100,0	100,0
Ausbeute im Drehofen aus 100 kg obiger Kohle:			
Halbkoks	„	71,0	55,0
Urteer	„	6,9	6,1
Gasbenzin	cm³/m³	64	26
Schwelgas	m³	11	21,8
Unterer Heizwert des benzinhaltigen Schwelgases	kcal	5410	2605
Unterer Heizwert des Halbkokses	„	6000	6250
Staubgehalt des wasserfreien Urteers	vH	1,6	1,0

unter der Schnecke der Innentrommel angebrachten Abzugöffnungen für Teerdämpfe und Gase dauernd frei, und die sonst so gefürchteten Verstopfungen der Gasabzugkanäle werden mit Sicherheit verhütet.

Zahlentafel 1 zeigt die Ergebnisse von zwei Schwelversuchen mit Steinkohlen und Braunkohlen.

Wie man hieraus ersieht, ist sowohl die Ausbeute an den einzelnen Schwelerzeugnissen als auch ihre Beschaffenheit recht gut; besonders verdient hervorgehoben zu werden, daß die rheinische Braunkohle, die gewöhnlich wegen ihres verhältnismäßig geringen Bitumengehaltes als nicht schwelwürdig angesehen wird, einen Halbkoks liefert, dessen unterer Heizwert 6250 kcal/kg beträgt und der ein vorzüglicher Brennstoff für die Staubfeuerung ist. Im Zusammenhang hiermit sei noch erwähnt, daß bei dem stehenden Drehofen der Halbkoks mit so niedriger Temperatur ausgetragen wird, daß er sich nicht entzündet und infolgedessen auch nicht abgelöscht zu werden braucht.

Bei allen bisherigen Schwelversuchen mit Steinkohlen betrug die Teerausbeute 95 bis 100 vH der im Laboratorium nach dem Verfahren von Fischer und Schrader ermittelten Teermenge, während bei Braunkohlen, wenn sie im grubenfeuchten Zustande verschwelt wurden, die Teerausbeute in der Regel nur 70 bis 75 vH betrug. Seitdem wir aber dazu übergegangen sind, die Braunkohle aus wärmewirtschaftlichen Gründen vor der Verschwelung in einer Trockentrommel bis auf einen Wassergehalt von etwa 16 vH zu trocknen, haben wir eine Steigerung der Teerausbeute auf 85 bis 90 vH der im Laboratorium ermittelten Teermenge erhalten. Ferner ist es in letzter Zeit gelungen, auch die Güte des Teeres noch wesentlich zu verbessern und ohne weiteres in dem Schleuderwäscher einen Teer abzuscheiden, der vollkommen wasserfrei ist und nur 0,1 bis 0,3 vH Staub enthält. Damit ist wohl den höchsten Anforderungen, die an die Beschaffenheit des Teeres gestellt werden, genügt.

Schließlich sei noch erwähnt, daß auch beim Verschwelen von Ölschiefer recht günstige Ergebnisse erhalten worden sind. [B 318]

Die Nebenerzeugnisse der Tieftemperaturbehandlung von Braunkohlen.

Von Oberingenieur C. Bömcke, Berlin.

Die Bezeichnung des Tieftemperaturteeres als Haupterzeugnis thermischer Braunkohlenveredelung ist weder nach Ausbeute, Wärme- oder Wertbilanz gerechtfertigt. Gas und Halbkoks, die bisher als Nebenerzeugnisse bezeichnet wurden, beeinflussen die Wirtschaftlichkeit ausschlaggebend. Briketthalbkoks kann für Gasbetrieb von Motorfahrzeugen aller Art, insbesondere von Großgaslokomotiven und Flußfahrzeugen von Bedeutung werden.

In Deutschland standen beim Kriegsausgang für die Veredelung von Braunkohlen nur zwei im gewerblichen Großbetrieb ausgeübte Verfahren einander gegenüber, nämlich das alte Thüringer Schwelverfahren (Rolleofen), das durch eine Anzahl hervorragender Firmen im Bezirk von Halle und Magdeburg durchgeführt wurde, und die Vergasung von Briketts mit Urteergewinnung in den Anlagen der Deutschen Erdöl-Aktiengesellschaft (Dea) bei Altenburg i. Thür. Verschiedene während des Krieges errichtete Vergasungsanlagen ähnlicher Größe zur Urteergewinnung aus Rohbraunkohlen sind nicht zum Dauerbetrieb gelangt.

War während des Weltbrandes die Ölerzeugung eine Kriegsnotwendigkeit gewesen, so mußte sich nach seiner Beendigung zeigen, ob das von der Dea gewählte Verfahren auch den wirtschaftlichen Anforderungen des Friedens gerecht werden konnte. Es ergab sich bald, was übrigens bei dem Entwurf schon bekannt war, daß die restlose Vergasung zwar technisch einwandfreie Erzeugnisse lieferte, daß aber die Wirtschaftlichkeit durch Einführung der Schwelung gehoben werden konnte. Vom Jahre 1921 ab ging man daher von der restlosen Vergasung zu einem Verfahren über, das ermöglichte, in den gleichen Gaserzeugern außer auf Gas auch auf Halbkoks zu arbeiten. Diese einschneidende Änderung wird durch das Wort „Grudezwischenentnahme" gekennzeichnet. Die weitere Verfolgung des Gedankens muß zur reinen Brikettschwelung führen, die allerdings zur Erzielung höchster wirtschaftlicher Leistungen teilweise einen Neubau der Erzeugungsanlagen bedingt. Veranlaßt durch die Veränderungen der wirtschaftlichen Grundlagen sind auch Bestrebungen im Gange, die Rohbraunkohlen-Verschwelung auf eine neue technische Grundlage zu stellen. Soweit diese Bestrebungen zum vorliegenden Thema gehören, sei u. a. auf die Angaben von Oberingenieur Th. Limberg[1]) zurückgegriffen.

Die Bedeutung der Nebenerzeugnisse.

In den Zahlentafeln 1 bis 4 sind nun rohe Stoff- und Wärmebilanzen für die angedeuteten vier Verfahren wiedergegeben, wobei nur die eingeführten und abgeführten Hauptstoffe berücksichtigt sind. Bei der Wärmebilanz wurde vom untern Heizwert ausgegangen und ferner die fühlbaren Wärmen vernachlässigt. Genaue Bilanzen müßten natürlich die Verbrennungs- und fühlbaren Wärmen sowie die Ein- und Abführung von Luft, Dampf, Strom usw. berücksichtigen. Um die Möglichkeit von Vergleichen zu schaffen, wurde in allen Fällen von einer Schwelkohle gleicher Herkunft und Zusammensetzung ausgegangen und hierbei ein Feuchtigkeitsgehalt von 53 vH bei einem Teergehalt von 7,5 vH nach Graefe gewählt. Bei der Bemessung des Teergehaltes der Schwelbriketts wurde ein angemessener Bitumenverlust durch Trocknung berücksichtigt.

Aus keiner der Zahlentafeln ist zu entnehmen, daß die flüssigen Erzeugnisse (Teer + Leichtöl) die übrigen an Gewicht- oder Wärmeausbeute überragen, von der unbedeutenden Ausnahme des schwefelsauren Ammoniaks abgesehen. Daß eine gleiche Erscheinung auch in der Wertbilanz auftritt, wird später gezeigt werden. Jedenfalls erscheint es unberechtigt, für die Veredelung der Braunkohlen vom Teer als Haupterzeugnis und vom Halbkoks oder Gas als Nebenerzeugnis zu sprechen. Daß dies bisher trotzdem in der deutschen Technik geschehen konnte und noch geschieht, dürfte die unsichere Auffassung erklären, die noch heute weite Kreise über Wert und Bedeutung der Kohlenveredelung hegen. Geschichtlich wird die Bezeichnung des Teeres als Haupterzeugnis wohl durch die Entwicklung der Thüringer Schwelindustrie erklärt, die zu Zeiten ihr zweites Erzeugnis, den Grudekoks, als lästiges Nebenerzeugnis angesehen hat[2]). Auch die erwähnte Kriegsnot hat wohl zur Verbreitung dieser Auffassung beigetragen. Das Ausland hat sich im allgemeinen von einer solchen Beurteilung freigehalten. Zum mindesten ist es für die Auffassung des englischen Auslandes bemerkenswert, daß die dortigen Bestrebungen der Kohlenveredelung fast ausnahmslos einen verbesserten festen Brennstoff als Haupterzeugnis anstreben und den flüssigen oder gasförmigen Erzeugnissen nur geringere Aufmerksamkeit schenken[3]). Hier liegen ähnliche Bestrebungen vor, wie sie

[1]) Limberg, Praxis des wirtschaftlichen Verschwelens und Vergasens. Halle a. S. 1925, W. Knapp.

[2]) Vergl. Dr. Paul Reinhardt, Halle a. d. S. Aus der Geschichte des Braunkohlenbergbaues im Zeitz-Weißenfelser Revier, „Braunkohle" Bd. 23 (1924/25) S. 876.

[3]) First General Report of the Lignite Utilization Board of Canada, 1. Oct. 18; 1. Jan. 24.

Zahlentafel 1. Thüringer Schwelverfahren.
Rohkohlen: 53 vH Feuchtigkeit; 7,5 vH Teergehalt nach Graefe;
58 „ Teerausbeute, bezogen auf Graefe-Analyse;
5,8 „ Leichtölausbeute, bezogen auf Graefe-Analyse.

	Stoffbilanz (Gewichte)		Wärmebilanz (latente Wärmemengen)		
	kg	bezogen auf Schwelkohlen vH	kcal/kg	insgesamt kcal	bezogen auf eingeführte Wärme vH
Abgeführt:					
Schwelteer	1,00	4,350	9 000	9 000	16,66
Leichtöl	0,10	0,435	10 000	1 000	1,84
Halbkoks (Grude) trocken	6,19	26,900	6 200	38 400	70,50
Wasser + Verluste	16,40	71,315	—	6 100	11,00
Zusammen:	23,69	103,00	—	54 500	100
Eingeführt:					
Schwelkohlen . .	23,00	100	2 300	52 900	97,06
3 vH Feuerkohlen	0,69	3	2 300	1 600	2,94
Zusammen:	23,69	103	—	54 500	100
Nutzbar gewonnene latente Wärme					89

Zahlentafel 2. Brikettvergasung.
Briketts: 15 vH Feuchtigkeit; 12 vH Teergehalt nach Graefe;
100 „ Teerausbeute, bezogen auf Graefe-Analyse,
10 „ Leichtölausbeute, bezogen auf Graefe-Analyse.

	Stoffbilanz (Gewichte)		Wärmebilanz (latente Wärmemengen)		
	kg	bezogen auf Schwelkohlen vH	kcal/kg	insgesamt kcal	bezogen auf eingeführte Wärme vH
Abgeführt:					
Urteer	1,00	12,00	9 200	9 200	23,00
Leichtöl	0,10	1,20	10 000	1 000	2,50
Überschußgas*) .	10,40	125,00	1 635	17 000	42,50
Schwefelsaures Ammoniak . . .	0,04	0,50	—	—	—
Wasser + Verluste	− 3,20	− 38,70	—	13 800	32,00
Zusammen:	8,34	100	—	40 000	100
Eingeführt:					
Schwelbriketts . .	8,34	100	4 800	40 000	100
Nutzbar gewonnene latente Wärme					68,0

*) Es handelt sich um Tieftemperatur-Teergewinnung im Hauptbetrieb, soll dagegen Generatorgas im Hauptbetrieb erzeugt werden, so können diese Zahlen um etwa 50 vH vermehrt werden

Zahlentafel 3. Brikettverschwelung.

Briketts: 15 vH Feuchtigkeit; 12 vH Teergehalt nach Graefe;
100 „ Teerausbeute, bezogen auf Graefe-Analyse;
10 „ Leichtölausbeute, bezogen auf Graefe-Analyse.

	Stoffbilanz (Gewichte)		Wärmebilanz (latente Wärmemengen)		
		bezogen auf Schwelkohlen		insgesamt	bezogen auf eingeführte Wärme
	kg	vH	kcal/kg	kcal	vH
Abgeführt:					
Urteer	1,00	12,00	9 200	9 200	23,00
Leichtöl	0,10	1,20	10 000	1 000	2,50
Schwefelsaures Ammoniak	0,04	0,50	—	—	—
Brikett-Halbkoks, trocken	3,05	36,50	6 200	18 900	47,25
Überschuß-Gas	3,43	41,20	700	2 400	6,00
Wasser + Verluste	0,72	8,60	—	8 500	21,25
Zusammen:	8,34	100	—	40 000	100
Eingeführt:					
Schwelbriketts	6,97	83,6	4 800	33 500	83,6
Unterfeuerung	1,37	16,4	4 800	6 500	16,4
Zusammen:	8,34	100	—	40 000	100
Nutzbar gewonnene latente Wärme					78,75

etwa in unsrer Brikettierung, Trocknung, Vermahlung oder sonstigen Aufbereitung von Kohle enthalten, und wie sie z. B. in dem Buche von M. Dolch[1]) gekennzeichnet sind. Die von der deutschen abweichende Auffassung des Auslandes ist natürlich durch die verhältnismäßig geringe Not an flüssigen Brennstoffen zu erklären.

Es liegt übrigens für den Ingenieur nahe, aus den Zahlentafeln 1 bis 4 Schlüsse auf die Wirtschaftlichkeit der Verfahren zu ziehen. Hiervor muß jedoch, wenigstens soweit es sich um solche Schlüsse aus der Wärmebilanz handelt, gewarnt werden. Die genaue Wärmebilanz ergibt einschneidende Veränderungen, derart, daß die günstige Wärmeausnutzung der Rohkohlenverarbeitung vermindert und die verhältnismäßig ungünstige Wärmeausnutzung bei der Brikettverarbeitung verbessert wird.

Die Frage der Bewertung der Erzeugnisse der Kohlenveredelung ist sehr schwierig; sie wird in der Praxis durch Angebot und Nachfrage scheinbar leicht gelöst. Dringt man jedoch tiefer ein, so wird man finden, daß die Verhältnisse ein gut Teil verwickelter sind. Auch die Berechnung der reinen Selbstkosten stößt auf Schwierigkeiten. Der Grund hierfür liegt darin, daß die Ausgangskohlen in zwei oder mehrere Erzeugnisse zerlegt werden und es bei dem Ineinandergreifen der Erzeugungsvorgänge unmöglich ist, die auf ein Erzeugnis entfallenden Sonderkosten genau zu erfassen bzw. die allgemeinen Unkosten in angemessener Form auf die verschiedenen Erzeugnisse umzulegen. Es bleibt hier nur der Ausweg, eines davon zum Haupterzeugnis zu wählen und für alle andern einen angemessenen Werk-

[1]) Die rationelle Verwertung der niederwertigen Braunkohle. Braunschweig 1922, Vieweg & Sohn A.-G.

Zahlentafel 4. Neuzeitliche Rohbraunkohlen-Verschwelung.

Rohkohle: 53 vH Feuchtigkeit; 7,5 vH Teergehalt nach Graefe;
85 „ Teerausbeute, bezogen auf Graefe-Analyse;
8,5 „ Leichtölausbeute, bezogen auf Graefe-Analyse.

	Stoffbilanz (Gewichte)		Wärmebilanz (latente Wärmemengen)		
		bezogen auf Schwelkohlen		insgesamt	bezogen auf eingeführte Wärme
	kg	vH	kcal/kg	kcal	vH
Abgeführt:					
Schwelteer	1,00	6,375	9 200	9 200	25,60
Leichtöl	0,10	0,638	10 000	1 000	2,80
Halbkoks	3,67	23,400	6 200	22 700	63,00
Wasser + Verluste	10,93	69,587	—	3 100	8,60
Zusammen:	15,70	100	—	36 000	100
Eingeführt:					
Schwelkohlen	13,65	85,00	2 300	31 400	85,00
15 vH Unterfeuerung	2,05	15,00	2 300	4 600	15,00
Zusammen:	15,70	100	—	36 000	100
Nutzbar gewonnene latente Wärme					91,4

erlös einzusetzen. Wird der Ausgabensaldo auf das Haupterzeugnis verteilt, so ergeben sich dessen Gewinnungskosten. Der Unterschied zwischen diesen Gewinnungskosten und dem tatsächlich für das Haupterzeugnis erreichbaren Verkaufserlös bedeutet den Gewinn oder Verlust des Betriebes. Dieses Ergebnis muß natürlich dasselbe bleiben, unbeschadet, welches der verschiedenen Erzeugnisse zum Haupterzeugnis gewählt wird. Unter diesen Einschränkungen wurde im folgenden davon ausgegangen, daß der Teer als dasjenige Erzeugnis anzusehen ist, dessen Gewinnungskosten in erster Linie gesucht werden. In diesem Sinne sind die Zahlentafeln 5 bis 8 zusammengestellt.

Beim Vergleich der verschiedenen Wirtschaftsergebnisse ist es bemerkenswert, daß auch hier wiederum, wie im Falle der Stoff- und Wärmebilanzen, Teer und Leichtöl keinesfalls wertmäßig als Haupterzeugnisse anzusprechen sind. Es darf ferner darauf verwiesen werden, daß die angeführten Werte nur Mittelwerte darstellen. Soweit es sich bei den Angaben um Kohlenkosten handelt, wurden angemessene Selbstkosten eingeführt. Bei den Posten Kraft, Strom usw. handelt es sich um Erfahrungswerte aus dem Großbetrieb, desgleichen bei den Löhnen usw. Es kann hier entgegengehalten werden, daß diese Werte teilweise recht hoch erscheinen, doch muß darauf erwidert werden, daß zwischen den bei technischen Entwürfen und Angeboten ermittelten Zahlen und den im tatsächlichen Betriebe buchmäßig erscheinenden Ausgaben in der heutigen Zeit der sozialen Lasten, Steuern usw. eine erhebliche Spanne auftreten kann. Als Anlagekapital sind Werte gewählt worden, wie sie unter heutigen Umständen in Frage kommen.

Bei den Einnahmen spielen die Erlöse für Halbkoks und Gas eine ausschlaggebende Rolle. Während nun Halb-

Zahlentafel 5. Thüringer Schwelverfahren.
Wertbilanz für 1 t Teer.

	ℳ
Ausgaben:	
Schwelkohlen + Feuerkohlen 23,69 t zu ℳ 2,40	57,00
Kraft, Strom, Dampf, Material usw.	18,00
Löhne, Gehälter, Verwaltung usw.	33,00
Tilgung 10 vH vom Anlagekapital	39,00
Zusammen:	147,00
Einnahmen:	
Aus Leichtöl 0,10 t zu ℳ 100,00	10,00
„ Halbkoks (trocken) 6,19 t zu ℳ 13,70	84,80
Zusammen:	94,80
Demnach:	
Ausgaben abzüglich Einnahmen = Gewinnungskosten von 1 t Teer	52,20

Zahlentafel 6. Brikettvergasung.
Wertbilanz für 1 t Teer.

	ℳ
Ausgaben:	
Schwelbriketts 8,34 t zu ℳ 7,50	62,50
Kraft, Dampf, Strom, Material usw.	12,00
Löhne, Gehälter, Verwaltung usw.	20,00
Tilgung 10 vH vom Anlagekapital	11,50
Zusammen:	106,00
Einnahmen:	
Aus Leichtöl 0,10 t zu ℳ 100,00	10,00
„ Überschußgas 17 Mill. kcal zu ℳ 1,92	32,60
„ schwefelsaurem Ammoniak 0,04 t zu ℳ 210,00	8,40
Zusammen:	51,00
Demnach:	
Ausgaben abzüglich Einnahmen = Gewinnungskosten von 1 t Teer	55,00

koks bzw. Grude einen Marktpreis haben, besteht ein solcher für das Gas im allgemeinen nicht. Da aber das Generatorgas größtenteils nur für Wärmeprozesse verwertet wird, so kann sein Werkerlös im Vergleich seines Wärmewertes mit dem billigsten und wirtschaftlichsten Ersatzmittel errechnet werden. Bei den Halbkokspreisen wurde für Zahlentafel 5, 7 und 8 der gleiche Werkerlös von 13,70 ℳ (trocken) eingesetzt, wie er z. Zt. etwa für Hausbrandabsatz in Frage kommt.

Eine Durchsicht der Zahlentafeln 5 bis 8 ergibt das folgende Bild: Die beiden alten Großverfahren, die Thüringer Schwelung und die Brikettvergasung, ergeben annähernd gleiche Teergewinnungskosten. Auf die beiden neuzeitlichen Verfahren, die Brikettverschwelung und Rohkohlenverschwelung, trifft das gleiche zu, doch betragen die Teergewinnungskosten hier nur etwa die Hälfte wie bei der ersten Gruppe. Die bei der Rohkohlenverschwelung durchweg höheren Erlöse aus den Erzeugnissen, bezogen auf 1 t erzeugten Teeres, werden bei der Brikettverschwelung durch verminderte Tilgungsbeträge (Anlagekosten ½ bis ⅓) ausgeglichen.

Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit der Kohlenveredelung ist aber, gleichgültig ob Verschwelung oder Vergasung, Rohkohle oder Briketts gewählt werden, der tatsächliche Werkerlös aus den Erzeugnissen Gas und Halbkoks. Dagegen wird die Wirtschaftlichkeit heute nicht mehr wesentlich durch Erhöhung der Ausbeuten beeinflußt, d. h. die Art der technischen Verfahren spielt eine geringere Rolle; denn die in den Stoff- und Wärmebilanzen angeführten Zahlen geben praktische Ausbeuten wieder, die durch Weiterentwicklung der Verfahren nur noch unwesentlich verändert werden können.

Halbkoks und Rohkohlengrude.

Was jedoch von der Wahl des Verfahrens und Ausgangsstoffes abhängt, ist die Güte und damit auch der Wert von Gas und Halbkoks. Stillschweigend wurde bisher Halbkoks gleich Grude gesetzt. Diese Auffassung trifft aber praktisch nicht zu. Mit Grude wird und wurde bisher der feste Rückstand der Verschwelung von Rohkohle nach dem Thüringer Schwelverfahren bezeichnet. Sie entsteht also bei sogenannter Außenheizung. Die Schweltemperatur beträgt zur völligen Ausschwelung stellenweise über 700 °C. Das Ergebnis ist ein teilweise übergares Material von sehr feiner Körnung und hohem Staubgehalt.

Zur Darstellung dieser Eigenschaften des Materials kann die Siebanalyse herangezogen werden. Eine sehr anschauliche und schnelle Unterrichtung ermöglicht hierbei die zeichnerische Darstellung, wie sie in der sogenannten Tyler Standard Screen Scale verwendet wird. Zahlentafel 9 gibt die zugehörigen Zahlenwerte wieder. In der zeichnerischen Darstellung, Abb. 1, sind Maschenweite und Maschenzahlen in logarithmischer Teilung aufgetragen. Die auf den Sieben verbleibenden Gewichte sind in vH angegeben. Aus der Siebanalyse von Rohkohlengrude ist zu ersehen, daß der Gehalt an feinen Stoffen unter 1 mm Korngröße etwa 30 vH beträgt. Der Verlauf der Kurve im oberen Teil deutet auf einen erheblichen Anteil an Staub. Wird dieselbe Rohkohle nach dem neuzeitlichen Innenheiz-

Abb. 1. Siebanalyse. Auf dem Sieb verbleibende Gewichte in Abhängigkeit von Maschenweite und Maschenzahlen. Vgl. Zahlentafel 9.

verfahren verschwelt, so kann man eine erheblich reaktionsfähigere Rohkohlengrude erhalten, ihre Siebanalyse wird aber von derjenigen der alten Rohkohlengrude nicht wesentlich abweichen. Der wertvolle Gasgehalt wird bei Anwendung der Innenheizung höher ausfallen.

Beide Rohkohlengruden kommen in der Hauptsache für Kochherde, die sogenannten Grudeherde, d. h. für die Erzeugung von Wärme in Frage; nur geringe Mengen werden für Sonderzwecke (Farbstoffe, Adsorption, chemische Verfahren usw.) verwendet. Der Wert wird daher mit dem Wärmepreis anderer Brennstoffe abgestimmt werden müssen. Die bisherige Verwendung von Rohkohlengrude im Hausbrand und in der Küche findet ihre Grenze an der Verbreitung dieser Sonderöfen. Erstaunliches ist allerdings auf diesem Gebiete geleistet worden, da die gesamte Grudeerzeugung der mitteldeutschen Schwelindustrie von mehr als 400 000 t jährlich auf diese Weise ihren Absatz findet. Demgegenüber ist jedoch zu betonen, daß diese Erzeugung nur etwa 55 000 t Schwelteer im Jahr zu gewinnen gestattet. Praktisch nähert sich der Hausbrand als Abnehmer für Grude seiner Sättigung. Jedenfalls erscheint es sehr unsicher, eine Vervielfachung der Schwelteererzeugung auf dem Wege des Grudeabsatzes im Hausbrand zu suchen.

Für einen umfangreichen Ausbau der Kohlenveredelung verbleibt daher nur die Brikettierung der Grude oder ihre Vermahlung zu Brennstaub. Die Brikettierung erfordert erfahrungsmäßig als Bindestoff Steinkohlenteerpech[1]) in einem solchen Ausmaß (über 10 Gewicht-Hundertteile), daß eine nennenswerte Wirtschaftlichkeit nur in einem Land in Frage kommen kann, das aus besondern Gründen hochwertige Steinkohlen entbehren muß oder große Mengen rauchlosen Brennstoffes für besondere Hausbrandöfen (Kamine) beansprucht. Dies trifft jedenfalls für das europäische Festland nicht zu. Im übrigen dürfte sich die Herausnahme von Teer (Schwelung) und das nachträgliche Hinzufügen ähnlicher Bindemittel wirtschaftlich nur in Aus-

[1]) Vergl. First General Report S. 237.

Zahlentafel 7. Brikettverschwelung. Wertbilanz für 1 t Teer.

	ℳ
Ausgaben:	
Schwelbriketts + Unterfeuerung 8,34 t zu ℳ 7,50	62,50
Kraft, Dampf, Strom, Material usw.	12,00
Löhne, Gehälter, Verwaltung usw.	16,00
Tilgung 10 vH vom Anlagekapital	11,80
Zusammen:	102,30
Einnahmen:	
Aus Leichtöl 0,1 t zu ℳ 100,00	10,00
„ schwefelsaurem Ammoniak 0,04 t zu ℳ 210.00	8.40
„ Briketthalbkoks (trocken) 3,05 t zu ℳ 13,70	41,75
„ Überschußgas 2,4 Mill. kcal zu ℳ 1.92	4,60
Zusammen:	64,75
Demnach:	
Ausgaben abzüglich Einnahmen = Gewinnungskosten von 1 t Teer	37,55

Zahlentafel 8. Rohbraunkohlen-Verschwelung. Wertbilanz für 1 t Teer.

	ℳ
Ausgaben:	
Schwelkohle + Unterfeuerung 15.7 t zu ℳ 2,40	37.70
Kraft, Dampf, Strom, Material usw.	15.00
Löhne, Gehälter, Verwaltung usw.	20,00
Tilgung 10 vH vom Anlagekapital	20,00
Zusammen:	92.70
Einnahmen:	
Aus Leichtöl 0.10 t zu ℳ 100,00	10.00
„ Halbkoks (trocken) 3,67 t zu ℳ 13,70	50.25
Zusammen:	60.25
Demnach:	
Ausgaben abzüglich Einnahmen = Gewinnungskosten von 1 t Teer	32,45

Zahlentafel 9. Siebanalysen.

Maschenweite			Maschenzahl		Drahtdicke		Auf dem Sieb verbleibende Gewichte Rohkohlengrude		Brikethalbkoks	
Deutschland mm	U. S. A. Zoll engl.	mm	auf 1 cm² Fläche	auf 1" Länge	mm	Zoll engl.	Einzeln vH	Summen vH	Einzeln vH	Summen vH
50,0										
40,0										
30,0										
	1,050	26,670				0,149				
20,0										
	0,742	18,850				0,135				
18,0									5,10	5,10
15,0							2,17	2,17		
	0,525	13,330				0,105				
12,0										
10,0							3,10	5,27	21,90	27,00
	0,371	9,423				0,092				
8,0							4,37	9,64	9,00	36,00
	0,263	6,680		3		0,070				
6,0							5,37	15,01	13,00	49,00
5,0							4,14	19,15	8,00	57,00
	0,185	4,699		4		0,065				
4,50										
4,00							8,70	27,85	8,00	65,00
	0,131	3,327		6		0,036				
3,00							6,27	34,12	12,00	77,00
	0,093	2,362		8		0,032				
2,00							23,37	57,49	13,00	90,00
	0,065	1,651		10		0,035				
	0,046	1,168		14		0,025				
1,00							12,63	70,12	7,00	97,00
	0,0328	0,833		20		0,0172				
	0,0232	0,589		28		0,0125				
0,50										
	0,0164	0,417		35		0,0122				
	0,0116	0,295		48		0,0092				
0,223			900		0,110					
	0,0082	0,208		65		0,0072				
0,200										
	0,0058	0,147		100		0,0042				
0,125			2 500		0,075					
	0,0041	0,104		150		0,0026				
0,100										
0,088			4 900		0,055					
0,075			6 400		0,050					
	0,0029	0,074		200		0,0021				
0,055			10 000		0,045					
Unter 1 mm Maschenweite durchfallend							29,88	100,00	3,00	100,00

nahmefällen rechtfertigen lassen. Somit verbleibt nur die Verwertung als Brennstaub. Hier bestehen Aussichten, die bisher erst in ihren Anfängen erkannt worden sind.

Auch bei Staubfeuerung kann aber der Verkaufswert der Grude nur nach ihrem Wärmeerträgnis bemessen werden. Gegenüber Steinkohlenklein wäre allerdings als günstig zu berücksichtigen, daß die Vermahlung von Rohkohlengrude geringere Kosten zu erfordern scheint. Es ist jedoch nicht zu erwarten, daß der Preis für Rohkohlengrudestaub denjenigen von Steinkohlenstaub erreichen oder wesentlich übersteigen wird. Ferner sind Frachtlage und Raumgewicht zu berücksichtigen. Wenn Limberg mit dem Erlös trockener Rohkohlengrude auf 7 ℳ/t herunterzugehen vorschlägt, so scheint ein solcher Vorschlag teilweise durch Absatzschwierigkeiten bestimmt worden zu sein. Immerhin muß zugegeben werden, daß der in den Zahlentafeln 5, 7 und 8 eingesetzte Werkerlös für trockene Grude von 13,70 ℳ/t bei einer Verwertung der Grude als Ausgangstoff für Brennstaub kaum in Frage kommen kann. Der angemessene Wert bzw. Verkauferlös wird vielleicht unter heutigen Verhältnissen bei etwa 10 ℳ/t trockener Grude liegen.

Im Gegensatz zur Rohkohlengrude zeigt nun der sogenannte Brikethalbkoks grundsätzliche Abweichungen in den Eigenschaften, die für seine praktische Bewertung in Frage kommen. Da die Schwelung von Briketts infolge ihrer Stückform mit Innenheizung durchgeführt werden kann, so wird ein Halbkoks von guter Reaktionsfähigkeit erzeugt. Hierauf gründet sich z. B. ein Vorschlag von Professor Seidenschnur, Freiberg, gashaltigen Brikethalbkoks mit „Flammkoks" zu bezeichnen. Besonders grundlegend unterscheidet sich aber der Brikethalbkoks in der Siebanalyse von der Rohkohlengrude. In Abb. 1 und Zahlentafel 9 sind die entsprechenden Werte eingetragen. Daß sich ein solcher Halbkoks besonders für alle offenen Feuerstellen eignet, wie sie bisher für Rohkohlengrude gewählt worden sind, liegt auf der Hand. Tatsächlich bringt das gröbere Korn des Brikethalbkokses die gleiche Auflockerung der Feuerzone und eine schnellere Verbrennung mit sich, die etwa die wellsiebartigen Rostunterlagen für die dichtlagernde Rohkohlengrude erreichen sollen. Steht somit dem Brikethalbkoks bei seiner Einführung praktisch das ganze Absatzgebiet der bisherigen Rohkohlengrude offen, so würde dem gegenwärtigen Bedarf von etwa 400 000 t jährlich aus den schon angeführten Gründen doch keine ausschlaggebende Bedeutung für die zukünftige Entwicklung der Kohlenveredelung zukommen. Im Brikethalbkoks ruhen aber weitere technische und wirtschaftliche Möglichkeiten, die diejenigen der Rohkohlengruden übertreffen.

Vergasung von Brikethalbkoks.

Die hohe Reaktionsfähigkeit in Verbindung mit günstiger Körnung ermöglichen es, den Brikethalbkoks als Ausgangstoff für einen Gaserzeuger-Brennstoff zu verwenden. Tatsächlich ist ja auch die Vergasung von Halbkoks wiederholt vorgeschlagen worden. Die Sicherheit und die praktische Durchführung eines solchen Gasbetriebes hängen jedoch u. a. ausschlaggebend von der Korngröße des Brennstoffes im Verhältnis zum Durchmesser des Gaserzeugers ab. Aus praktischen Gründen heraus mußten Versuche, den verhältnismäßig feinkörnigen Brikethalbkoks in großen ortfesten Gaserzeugern zu verarbeiten, scheitern. Dagegen hindert die Korngröße von Brikethalbkoks nicht, beim Gaserzeuger bis etwa 1,2 m lichten Dmr. zu gehen. Bei den praktisch erreichbaren Vergasungsleistungen für trockenen Halbkoks von 280 kg für 1 m² und h ergibt sich eine Durch-

satzmöglichkeit der gekennzeichneten größten Gaserzeugereinheit von 320 kg/h. Verwendet man das Gas im Gasmotor, so würde ein solcher Gaserzeuger die Gaslieferung für etwa 500 PS_e Höchstleistung übernehmen können.

Es ist ferner von Bedeutung, daß sich aus einer größeren Zahl von praktischen Versuchen die einwandfreie Möglichkeit ergeben hat, das trockene, vom Staub gereinigte Gas in gewöhnlichen Verbrennungsmaschinen (Benzolmotoren) zu verwenden[1]). Damit erschließt sich dem Briketthalbkoks das große Feld der Fahrzeugmotoren bis zu Leistungen von 500 PS. Darüber hinaus lassen sich aber durch Vereinigung in Gruppen wesentlich höhere Maschinenleistungen zusammenstellen. In das Gebiet dieser Leistungen fallen nicht nur Personen- und Lastwagen, sondern vor allem der gesamte Eisenbahntriebwagen-Verkehr, die Vollbahnlokomotiven, Fluß- und kleine Küstendampfer. Damit kann z. B. die Großgaslokomotive als ernster Wettbewerber der Dampflokomotive und als beachtenswerter Bruder des Dieselmotorbetriebes auftreten. Befürchtungen der vermehrten Abnutzung der Maschinen durch den Gasbetrieb haben sich als unbegründet erwiesen. Ein Leistungsabfall gegenüber Benzolbetrieb ist auch ohne Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses, dann nicht zu erwarten, wenn der Briketthalbkoks in angemessener Weise vorbereitet wird. Teerschwierigkeiten fallen fort, Staubschwierigkeiten sind nicht nennenswert oder lassen sich überwinden. Bezüglich der Schmiegsamkeit und der Steigerung der Anfahrmomente liegen die Verhältnisse nicht ungünstiger als beim Dieselmotorbetrieb. Im übrigen soll hier auf die technische Seite nicht näher eingegangen werden. Die zukünftige Entwicklung muß hier über den Erfolg entscheiden. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Motorkonstrukteur, Gasfachmann und Fahrzeugbauer wird wahrscheinlich bemerkenswerte Ergebnisse zeitigen können. Arbeiten deutscher Firmen hierüber sind in letzter Zeit der Öffentlichkeit bekannt geworden. Im Zusammenhang mit dem vorliegenden Gegenstand soll nur auf die wirtschaftliche Seite der Frage in Verbindung mit der Bewertung der Nebenerzeugnisse der Braunkohlenveredelung, eingegangen werden.

Der praktische Verbrauch an Motorkoks, wie der für den Gasbetrieb vorbereitete Briketthalbkoks genannt wird, ergab sich nach längeren Versuchen an Motoren von etwa 50 PS_e zu 0,6 bis 0,7 kg/PSh (trocken). Der Benzolverbrauch stellt sich unter gleichen Umständen auf etwa 260 g/PSh und für Diesemotorbetrieb auf etwa 195 g/PSh Treiböl. Es entsprechen daher in der Motorleistung 1 kg Motorkoks (trocken) etwa 400 g Benzol oder 300 g Dieselöl. Unter Berücksichtigung der Vorbereitungskosten von Briketthalbkoks für Motoren wird diese Art der Verwendung eine bedeutende Erhöhung des Werkerlöses gestatten. Nimmt man vorsichtig an, daß nur ein Bruchteil des Briketthalbkokses als Motorkoks verwendet werden kann, so würde doch mit einer Erhöhung des Werkerlöses für Briketthalbkoks von 13,70 ℳ/t auf etwa 17,30 ℳ/t gerechnet werden können.

Führt man diese Zahl in die Wertbilanz der Zahlentafel 7 ein, so ergibt sich bei neuzeitlicher Brikettverschwelung eine Verminderung der Teergewinnungskosten auf 27 ℳ. Berücksichtigt man ferner die schon erwähnte Verminderung des Werkerlöses der Rohkohlengrude für den Fall der Staubfeuerung mit 10 ℳ/t, so erhöhen sich in diesem Falle die Gewinnungskosten für Teer auf 46 ℳ/t. Während sich somit im zweiten Falle die Gewinnungskosten denjenigen des alten Thüringer Schwelverfahrens nähern, haben sich im Falle der Brikettverschwelung die Teergewinnungskosten auf etwa die Hälfte derjenigen der Brikettvergasung und auf etwa 60 vH derjenigen neuzeitlicher Rohkohlenschwelung herabsetzen lassen.

Es verlohnt sich an dieser Stelle nicht, auf die Bewertung und Verwertung eines mengenmäßig unwesentlichen Nebenerzeugnisses, des schwefelsauren Ammoniaks, näher einzugehen. Sein Preis wird durch die Marktlage und durch die an andern Stellen (Kokerei- und Gasindustrie) vielfach höheren Erzeugungszahlen bestimmt. Seine Verwertung als Düngemittel kann als bekannt angenommen werden.

[1]) Vergl. den Vortrag von Fleck auf der Eisenbahntechnischen Tagung 1924.

Generatorgas bei der Brikettvergasung.

Es verbleibt jedoch noch ein näheres Eingehen auf die Bewertung des bei der Brikettvergasung entstehenden Generatorgases. An sich ist die Bedeutung dieser Frage im Hinblick auf die weitere Entwicklung der Tieftemperaturteer-Erzeugung im Hauptbetrieb nicht sehr erheblich. In Zahlentafel 6 ist das Gas mit einem Wert von 1,92 ℳ für 1 Mill. kcal eingesetzt worden. Bei einem mittleren Heizwert von etwa 1600 kcal/m³ würde dies einem Erlös von 0,307 ₰/m³ entsprechen. Auch hier ergibt sich das gleiche Bild wie bei der Bewertung von Halbkoks. Die Höhe des Wertes hängt ausschlaggebend von der Art und Weise der technischen Verwendung des betreffenden Erzeugnisses ab. Wird das Gas nur zur Dampferzeugung verwendet, die eine vorherige Vergasung von festen Brennstoffen technisch nicht erfordert, so kann gerechterweise nur sein Wert so bemessen werden, wie seine Leistung durch das an Ort und Stelle zweckmäßigste Ersatzmittel (z. B. Rohbraunkohlen) erzeugt werden kann. Wird anderseits das Gas für hochwertige chemische oder thermische Verfahren, die unbedingt des Gases bedürfen, z. B. die Glaserzeugung, verwendet, so ergibt sich sein Wert natürlich entsprechend höher. Tatsächlich stellt das trockene Brikettgas mit etwa 1600 kcal/m³ einen für viele thermische Verfahren erforderlichen hochwertigen Brennstoff dar. Überschlägt man unter Berücksichtigung aller technischen und wirtschaftlichen Verhältnisse die Erzeugungskosten für ein gleichwertiges Generatorgas in Sondervorrichtungen, so kommt man auf etwa doppelt so hohe Erlöse. Damit vermindern sich die Teergewinnungskosten aus der Brikettvergasung von 55 auf etwa 23 ℳ/t. Sie unterschreiten damit sogar die sehr niedrigen Teergestehungskosten bei der Brikettverschwelung und Motorkokserzeugung. Es erscheint demnach keineswegs ausgeschlossen, daß die Entwicklung der Kohlenveredelung teilweise auch in Richtung der Brikettvergasung unter Kupplung mit solchen Betrieben, die eine chemische oder thermische hochwertige Ausnutzung des erzeugten Brikettgases gestatten, liegen wird. Das würde natürlich bedeuten, die Tieftemperaturteer-Erzeugung als Nebenbetrieb der Gaserzeugung einzugliedern. Allerdings entstehen durch diese Kupplungen Bindungen an sich wesensverschiedener Industrien, die immer eine gewisse Gefahr für die Entwicklung bieten und zum mindesten für die Finanz ein nicht unbedeutendes Wagnis darstellen.

Die vorstehenden Ausführungen sollten zeigen, daß bei der Verwertung der Erzeugnisse der Kohlenveredlung zwar der Marktpreis eine bedeutende Rolle spielt, daß aber dieser Preis von der Art der Verwendungsmöglichkeit des Erzeugnisses beeinflußt wird. Die Verwendungsmöglichkeit hängt natürlich erheblich von der Zusammensetzung und den Eigenschaften der Erzeugnisse ab. Für die Verwertung als Brennstoff und für die Verwendung als Kraftstoff spielt aber die äußerliche Form des Erzeugnisses eine erhebliche Rolle. Das tritt ganz besonders deutlich an den gezeigten Beispielen der Rohkohlengrude und des Motorkokses hervor. Bei gleichem Ausgangstoff von annähernd gleicher chemischer Zusammensetzung bringt die mulmige Form im einen Falle die Unmöglichkeit der unmittelbaren Ausnutzung für hochwertige Kraftprozesse mit sich, während im andern Fall eine solche Ausnutzung gegeben ist. Hinzu kommt, daß alle ortbeweglichen und gegenwärtig flüssige Brennstoffe verzehrenden Fahrzeugmotoren besonders nach einem billigen Kraftstoff verlangen. Die unter den Sammelbegriff „Formwert" fallenden besondern wirtschaftlichen und technischen Vorteile eines Brennstoffes sind auch schon ganz allgemein in der Technik und Wirtschaft erkannt worden, ohne daß ihm auf die zukünftige Entwicklung einer neuen Industrie immer der genügende Einfluß eingeräumt worden wäre. Es ist ja an sich nicht erstaunlich, daß ein Veredelungsverfahren dann die günstigsten Aussichten bietet, wenn die Veredelung der einzelnen Erzeugung jeweils bis zur höchsten praktischen Grenze durchgeführt wird. Da es sich bei der Kohlenveredelung, wie gezeigt, ausschlaggebend um Brenn- oder Kraftstoffe handelt und da für ihre Verwendung der erwähnte Formwert maßgebend ist, so würde das bedeuten, daß grundsätzlich nur auf Erzeugnisse vom höchsten Formwert veredelt werden sollte.

Umfang der Halbkoksgewinnung in Deutschland.

Diese Ausführungen wären nicht vollständig, wenn nicht noch in ihrem Zusammenhang auf die Verbreitung und die Bedeutung der z. B. für Deutschland in Frage kommenden Mengen hingewiesen würde. Wie aus Zahlentafel 7 hervorgeht, fallen bei Erzeugung von 1 t Braunkohlen-Urteeres aus Briketts rd. 3 t trockenen Halbkokses an. Setzt man diese Menge bei geeigneter Durchführung des Verfahrens in voller Höhe als Motorkoks ein, so würden damit etwa 5000 PSh im Fahrzeugmotor zu leisten sein, während aus der gleichzeitig erzeugten Tonne Teer etwa 600 kg flüssiger Treibstoffe aller Art erzeugt werden könnten, die ihrerseits die Entwicklung von rd. 3000 PSh ermöglichen. Das Verhältnis der geleisteten Pferdekraftstunden aus flüssigen Treibstoffen zu denjenigen aus Motorkoks würde sich also wie 3 : 5 stellen. Es käme daher wohl in erster Linie in Frage, den Gasbetrieb mit Motorkoks überall dort einzuführen, wo erhöhter Wert auf Wirtschaftlichkeit gelegt wird, während die übrigen Vorteile des flüssigen Brennstoffes in den Hintergrund treten können. Das würde aber auf den gesamten Eisenbahn- und teilweise auf den Schiffsbetrieb zutreffen, weniger dagegen auf den Betrieb der Landfahrzeuge, die für schienenlosen Verkehr vorgesehen sind, d. h. Personen- und Lastkraftwagen. Immerhin ergeben sich auch gerade bei der letzteren Gruppe und der dauernden Steigerung der Mechanisierung der Landwirtschaft eine größere Anzahl von Verwendungsgebieten, die den Gasbetrieb aus einheimischen festen Brennstoffen demjenigen des Motorenbetriebes mit flüssigen Brennstoffen überlegen erscheinen lassen.

Die Deutsche Reichsbahn verbraucht z. B. zurzeit etwa 10 vH der gesamten deutschen Steinkohlenerzeugung mit etwa 34 000 t täglich. Bei allgemeinem Übergang zur Großgaslokomotive würde sich der Verbrauch an Motorkoks etwa auf 12 500 t täglich stellen, was einer täglichen Verschwelung von 35 000 t Braunkohlenbriketts entspricht. Bei Erzeugung dieser Menge würden gleichzeitig flüssige Brennstoffe von etwa täglich 2500 t aus der Kohlenveredelung gewonnen werden. Damit würde sich die gleichzeitige Erzeugung solcher flüssigen Brennstoffe in Deutschland im Jahr um rd. 900 000 t heben bei einer Brikettschwelung von 12,8 Mill. t jährlich. Rechnet man für Eisenbahnverhältnisse den Verbraucherpreis zu 24 ℳ für 1 t Motorkoks frei Lokomotive, so würde die Reichsbahn ihre Brennstoffkosten auf weniger als die Hälfte der heutigen zu vermindern imstande sein. Was die gleichzeitige Herstellung von 0,9 Mill. t an flüssigen Brennstoffen im Jahr für Deutschland und seine in der vollen Entwicklung begriffene Motorenindustrie bedeuten würde, soll hier nicht näher auseinandergesetzt werden.

Natürlich setzt das Beispiel die völlige technische Umstellung von Dampf auf Gas voraus, ein Vorgang, bei dem nicht unerhebliche technische Schwierigkeiten übersehen werden sollten. Immerhin erscheinen die wirtschaftlichen Aussichten bedeutend. Mit der Vergasung von Motorkoks wäre erstmalig ein heute schon technisch gangbarer Weg angedeutet, auf dem unsre Braunkohlenschätze in wirtschaftlich überlegener Weise an die Stelle der jetzigen Verfeuerung von Steinkohlen im Verkehrswesen treten könnten.

Gegenüber diesen Ausführungen kann geltend gemacht werden, daß die Vorräte an schwelwürdigen Kohlen in Deutschland einem solchen verstärkten Ansturm kaum gewachsen sein dürften. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß der zugrunde gelegte mittlere Teergehalt von 7,5 vH, bezogen auf feuchte Braunkohle von 53 vH Wasser, die Menge schwelwürdiger Kohlen bedeutend heraufsetzt. Ferner wird durch die angedeutete Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Kohlenveredelung die Grenze des wirtschaftlichen Teergehaltes der Rohkohle nach unten verschoben, so daß z. B. auch die Heranziehung ostelbischer Kohlen für eine solche Ausnutzung der Braunkohle in Frage kommen kann. Daß die skizzierte Verwertung von Halbkoks auch teilweise für Steinkohlenverschwelung in Frage kommt, sei hier nur kurz erwähnt.

Die vorstehenden Ausführungen schildern Zukunftsmöglichkeiten. Noch viel Teer wird aber in den Kohlen verfeuert werden, bis uns eine vermehrte Not zur Einführung sparsamer Kohlewirtschaft im Verkehrswesen zwingen wird. Falls nicht die chemische Veredelung der Kohle überraschende wirtschaftliche Aussichten zeitigen sollte, dürfte die Entwicklung der Kohleveredelung in der beschriebenen Richtung zu suchen sein.

Es ist angestrebt worden, die Wechselwirkung zwischen der zukünftigen Entwicklung der Kohlenveredelung, den Eigenschaften sowie dem Wert der Erzeugnisse aufzuzeigen. Der heutige Stand der deutschen Technik bietet jedenfalls begründete Hoffnung, daß in absehbarer Zeit ein guter Teil des erforderlichen Bedarfes an flüssigen Brennstoffen und Schmiermitteln aus einheimischen Bodenschätzen erzeugt werden kann, und daß diese Erzeugung, auch bestimmte wirtschaftliche Aussichten aufweisen wird. Nach den letzten (natürlich sehr fragwürdigen) Schätzungen des U. S. A. Geological Survey sollen die Hilfsquellen der Welt ungefähr 43 000 Mill. Barrels Erdöl betragen. Auf Grund der durchschnittlichen Gewinnung der letzten Jahre von ungefähr 1000 Mill. Barrels im Jahr würden nach dieser Schätzung also die bisher bekannten Erdöllager innerhalb von 43 Jahren erschöpft sein. Diese Nachricht sollte aber die deutsche Industrie nicht schrecken; denn die Aussichten und Richtlinien für den Ersatz beginnen sich in der Kohlenveredelung durch Tieftemperaturbehandlung bereits abzuzeichnen. [B 268]

Das neue Gaswerk in Swansea (Wales).

Nirgends werden die Vorzüge der Gasverwendung mehr gewürdigt als in England. Küche, Warmwasserbereitung und Zimmerheizung haben einen dauernd wachsenden Gasbedarf. Eine einzige englische Gasgesellschaft stellt zurzeit wöchentlich 2000 bis 3000 Gaskamine auf. Die Gasausgabe hat sich in den Vereinigten Königreichen 1924 um 4 vH oder um 250 Mill. m³ auf 6760 Mill. m³, die Anzahl der Gasabnehmer um 138 000 auf 7 800 000 vermehrt.

Zur Deckung des steigenden Gasbedarfs sind die Gaswerke zu vergrößern. Vielenorts benutzt man in England wie auch in Deutschland zum Entgasen der Kohlen senkrechte Retorten. Nur wird hierbei in Deutschland die ruhende, in England die wandernde Kohlenladung bevorzugt. Andre englische und zum Teil größte Gaswerke halten dagegen zäh an der Wagerecht-Retorte fest, die aber gegen früher vergrößert und fast ganz mit Kohlen gefüllt wird. Die Entgasungsdauer verlängert sich hierbei bis zu 12 h unter Ersparnis an Arbeitslohn. Außer von den Anlagekosten wird die Wahl der Ofenbauart u. a. beeinflußt von der Beschaffenheit der verfügbaren Kohlen und des erzeugten Kokses.

Auch das neue Gaswerk in Swansea hat sich zu Wagerechtretorten entschlossen, die 7 m lang sind, 46 × 61 cm² Querschnitt haben und 1000 kg Kohlen aufnehmen können. Der erste Aufbau des Werks ermöglicht die tägliche Erzeugung von 80 000 m³ Kohlengas und 40 000 m³ Wassergas. Die Kohlen gelangen aus den Eisenbahnwagen mit Hilfe eines Kippers entweder in einen Kohlenbrecher oder in einen Sumpf, von wo ein weitausladender Kran sie auf das Lager befördert. Derselbe Laufkran vermittelt die Förderung vom Kohlenlager zum Retortenhaus. In letzterem treibt eine Drakemaschine die Kohle in die Retorte und stößt zu gleicher Zeit den Kokskuchen vor sich her. Das erhaltene Kohlengas wird durch blaues Wassergas auf 4300 kcal (bei 0 °C zu 769 mm Q.-S.) gebracht, entspricht also der in den meisten deutschen Städten heutzutage üblichen Gasgüte. Die Retortenhausarbeit wird in zwei Schichten geleistet, und zwar so, daß jedesmal auf einen Arbeitsabschnitt von 8 h eine Ruhepause von 4 h folgt, genau so wie es vor dem Kriege mit den deutschen Senkrechtretorten gemacht wurde.

Eine fahr- und verstellbare Schurre befördert den Koks auf eine schiefe Ebene, wo er von der Bühne aus gelöscht wird, um dann durch einen Kübel, der sich durch Öffnen einer Klappe selbsttätig aus der schiefen Ebene füllt, mittels eines Kranes zur Koksaufbereitung zu gelangen. Man sieht, die wagerechte Retorte hat auch von der Koksofenanlage vorteilhafte Züge entlehnt, vermeidet aber deren gastechnische Nachteile: die undichten Entgasungsräume. Der Koks wird bemerkenswert rücksichtsvoll behandelt, und die geschickte Anordnung der Krane vermindert die menschliche Arbeit auf ein Mindestmaß.

Die Grundzüge der neuzeitlichen Entwicklung sind immer die gleichen: Schonung der flüchtigen Destillationserzeugnisse durch ganz oder fast ganz gefüllte Entgasungsräume, Erhöhung der Gasausbeute durch Wassergas, Ausschaltung der menschlichen Arbeit, pflegliche Behandlung des Kokses. („Das Gas- u. Wasserfach" Bd. 68 (1925) S. 85.) [N 221] R. G.

Bayerns Kohlenschätze und die Aussichten ihrer Verwertung[1].

Von Dr.-Ing. Hans Fromm, München.

Steinkohlen- und Braunkohlenvorkommen in Bayern. Fremde Kohlen, Torf und Ölschiefer. Aussichten der Vergasung und Verschwelung der Rohbraunkohlen mit Gewinnung hochwertiger Teere. Veredlung der Kohle und Unabhängigkeit vom Ausland.

Bayern wie der deutsche Süden überhaupt sind im Gegensatz zum Norden Deutschlands mit Kohlen von der Natur nur sehr stiefmütterlich bedacht, besonders, nachdem seit 1920 die Steinkohlenschätze des Saargebietes, aus denen unsere pfälzischen Gruben in St. Ingbert, Mittelbexbach und Frankenholz gefördert haben, durch Frankreich unserm Zugriff entzogen worden sind.

Steinkohlen.

Wie aus der Übersichtskarte, Abb. 1, hervorgeht, finden sich Steinkohlenvorkommen von ganz mäßiger und im Hinblick auf Güte und Gestehungskosten der geförderten Kohlen vorwiegend örtlicher Bedeutung nur im nördlichen Oberfranken bei Stockheim und Reitsch, ferner in der Oberpfalz bei Erbendorf. Die Förderung dieser Gruben machte 1913 nur etwa 3 bis 4 vH der gesamten in Bayern (einschließlich der Pfalz) geförderten Steinkohlenmenge aus, die damals rd. 810 000 t betrug. Im Jahre 1923 ist die Gesamtförderung an Steinkohlen aus den vorgenannten Gruben einschließlich der uns noch verbliebenen nur mehr ganz unbedeutenden Vorkommen in der nördlichen Westpfalz auf rd. 56 000 t, d. s. 7 vH der früheren Förderung, zurückgegangen. Am Maßstabe der gesamten deutschen Förderung und an dem bayerischen Bedarf gemessen, ist diese Zahl ein verschwindender Betrag.

Braunkohlen.

Größer als von Steinkohlen ist in Bayern das Vorkommen und die Gewinnung oligozäner Braunkohlen, die in Form der sogenannten Pechkohlen im Alpenvorland, als einziger Fundstelle Deutschlands, auftreten und schon seit den vierziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts im größeren Maßstab abgebaut werden. Diese oberbayerischen Kohlen haben gewaschen, je nach der Fundstätte für die größeren Sortierungen im Mittel einen untern Heizwert von 4800 bis 5300 kcal. Die Pechkohlen stehen also ihrem Heizwerte nach den Steinkohlen näher als den jüngeren Rohbraunkohlen. Braunkohlen ähnlicher Beschaffenheit, wie sie die böhmischen Kohlen aufweisen, gibt es in Bayern nicht. Die Förderung an oberbayerischen Pechkohlen betrug im Jahre 1924 rd. 1,1 Mill. t und hat damit die im Jahre 1913 geförderte Menge von rd. 950 000 t um rd. 15 vH überschritten. Infolge der geringen Flözmächtigkeit in Teufen von 400 bis 800 m und der sehr großen Längsausdehnung der Gruben, die in einer Größe von 6 bis 11 km bei einer Breitenentwicklung bis zu 2,5 km viele der größten Kohlenbergwerke im Ruhrgebiet übertrifft, sind die Gewinnungskosten der Pechkohlen verhältnismäßig hoch und sichern ihnen infolgedessen nur ein beschränktes Verbreitungsgebiet, das im Norden kaum die Donau erreicht. Die Hauptabbaustätten liegen bei Peißenberg, Penzberg, Peiting, Hausham und Marienstein. Hauptabnehmer für Pechkohlen als Kesselkohlen sind die Augsburger und Allgäuer Textilindustrie, die Augsburger und Münchener Maschinenfabriken, die Münchener Brauereien und sonstigen Industrien südlich der Donau. Auch wird ein sehr großer Teil des Hausbrandbedarfes in dem genannten Gebiet mit Pechkohlen gedeckt.

Wegen der Armut an Kohlenschätzen ist Bayern schon von jeher der Tummelplatz aller möglichen außerbayerischen und auch außerdeutschen, vorwiegend böhmischer Kohlensorten gewesen. Nur etwa höchstens 15 bis 20 vH des bayerischen Kohlenbedarfes, der, auf Steinkohlen mitt-

[1] Für die freundliche Mitarbeit an dem vorliegenden Aufsatz sage ich Hrn. Dr.-Ing. August Kriegbaum, Nürnberg, meinen herzlichen Dank.

Abb. 1. Übersicht über die Kohlenschätze Bayerns.

lerer Güte umgerechnet, zurzeit etwa 6 Mill. t in einem Jahre beträgt, werden durch die heimische Gewinnung gedeckt. Einerseits bedingt durch den geringen Betrag der letzteren, anderseits aber wegen des verhältnismäßig hohen Preises der Pechkohlen und infolge der verhältnismäßig niedrigen Frachtsätze, die für die billiger arbeitenden Steinkohlengruben in Oberschlesien und an der Ruhr in Betracht kommen, dringen Steinkohlen aus diesen Gebieten in mindestens den gleichen Mengen in das ureigene Absatzgebiet der Pechkohlen vor, als die dem Verbrauch zur Verfügung stehende Förderung der Pechkohlengruben beträgt. Das vorerwähnte Absatzgebiet ist Bayern südlich einer Linie, die auf der Landkarte etwa begrenzt ist durch die Städte Ulm, Augsburg, Landshut und Burghausen.

Von besonderer Bedeutung sind in Bayern auch die Vorkommen an jüngeren Braunkohlen, den sogenannten Rohbraunkohlen. Diese finden sich vorwiegend in tertiären, vereinzelt aber auch in diluvialen Schichten, letztere am Fuße der Alpen, z. B. bei Großweil in der Nähe des Kochelsees, von noch kleineren Werken abgesehen. Die Hauptvorkommen an jüngeren Rohbraunkohlen, die sämtlich dem Tertiär angehören, liegen aber in Bayern nördlich der Donau. Von nur örtlicher Bedeutung sind die Gruben bei Deggendorf und Passau, bei Schirnding, Wemding usw., sowie bei Abbach, Alling und Eichhofen in der Nähe von Regensburg. Wegen der geringen Ausdehnung dieser Vorkommen, ihrer sehr mäßigen Flözdicke, der vielen Zwischenmittel, Schwierigkeiten in der Wasserhaltung und einer dadurch bedingten verhältnismäßig teuren Gewinnungsmöglichkeit (teilweise im Tiefbau mit beschränkten Einrichtungen) haben diese Vorkommen aber eine für die Kohlenversorgung Bayerns einschneidende Bedeutung nicht erlangt. Die Förderung ist auch an den meisten Stellen wieder aufgegeben worden, nachdem sie unmittelbar nach Kriegsende, zur Zeit der größten Kohlennot, etwas belebt worden war.

Im ganzen sind vier Vorkommen an Rohbraunkohlen, denen in Bayern eine größere Bedeutung zukommt. Davon arbeiten zwei Werke, nämlich die Gewerkschaft Gustav bei Dettingen a. Main in Unterfranken und die Grube Ponholz südlich von Schwandorf in der Oberpfalz nur in geringem Maße für den örtlichen Versand (in Dettingen ist auch eine Brikettfabrik angeschlossen), vielmehr werden an jeder dieser beiden Stellen in einem Überlandwerk die geförderten Kohlen, ähnlich wie es in den bekannten Großkraftwerken in Mitteldeutschland, in der Lausitz und links des Rheins geschieht, unmittelbar aus der Grube unter Kesseln verfeuert und zur Stromversorgung des der Grube benachbarten Gebietes im größeren Umkreis nutzbar gemacht. Sonach bleiben für die eigentliche Kohlenversorgung Bayerns nur zwei Werke: die Gewerkschaft Schmiedgaden-Schwarzenfeld und das größte von den genannten vier, zugleich das größte Braunkohlenwerk Bayerns überhaupt, das Werk Wackersdorf der Bayerischen Braunkohlen-Industrie A.-G. Schwandorf. Beide Werke liegen in der Oberpfalz an der Bahnlinie Hof-Regensburg, auch haben beide Interessengemeinschaft. Infolge von Absatzschwierigkeiten wird zurzeit in Schmiedgaden-Schwarzenfeld nicht gefördert. Das Vorkommen von Wackersdorf bei Schwandorf, bei dem die Förderung die weitaus größte ist, weist hinsichtlich der Mächtigkeit der Flöze und des Abbaues von allen übrigen Vorkommen die günstigsten Verhältnisse auf. Die Rohkohlen werden hier ausschließlich im Tagebau gewonnen, und die Kohlen, die vorwiegend stückigen, lignitischen Charakter haben, werden teils als sogenannte gebrochene Förderkohlen, teils als Briketts für Industrie und Hausbrand abgesetzt. Die gesamte Rohkohlenförderung Bayerns betrug 1923 1,65 Mill. t, wovon auf Wackersdorf allein 1,05 Mill. t entfallen.

Dem Verbrauch (für Rohbraunkohlen kommt nur die Industrie in Betracht) dürften von vorgenannter Menge von 1,65 Mill. t etwa 600 000 t zur Verfügung gestanden haben, während der restliche Teil einerseits, wie schon erwähnt, in den beiden Überlandwerken in elektrischen Strom umgewandelt wurde und anderseits zur Deckung des Eigenbedarfes der Zechen sowie für die Herstellung von Briketts diente. Briketts werden zurzeit in Bayern außer in Dettingen nur in dem Brikettwerk der Grube Wackersdorf hergestellt. Die gesamte Briketterzeugung in Bayern betrug 1923 etwa 190 000 t, wovon nach Abzug des Selbstverbrauches der Zechen, der Deputatkohle usw. für den Versand etwa 140 000 bis 150 000 t zur Verfügung gestanden haben dürften. Den vorerwähnten Zahlen gegenüber steht eine Gesamteinfuhr von Kohlen nach Bayern im Jahre 1924 laut Mitteilung des Oberbergamtes München von rd. 4,75 Mill. t. Davon entfallen

auf Braunkohlen und Braunkohlenbriketts	vH
aus Mitteldeutschland	16,43
vom Rhein	3,28
und aus Böhmen	22,91
ferner auf Steinkohlenerzeugnisse	
aus dem Ruhrgebiet	32,12
aus Ober- und Niederschlesien . .	16,20
aus Sachsen	7,68
und aus außerdeutschen Ländern .	1,38.

Torf.

In diesem Zusammenhange möge auch noch auf die Schätze hingewiesen sein, die in den nicht unbedeutenden Lagern an Torf ruhen, der besonders aus den Mooren des regenreichen Voralpenlandes und an der Donau und ihren aus den Alpen kommenden Nebenflüssen gewonnen wird.

Ölschiefer.

Auch Ölschiefer findet sich in Bayern, als Fortsetzung der bedeutenden württembergischen Vorkommen am Fuße der Schwäbischen Alb. Diese Ausläufer des Hauptvorkommens im Lias ziehen sich über Nördlingen bis in die Gegend von Pegnitz und Bayreuth. Im Isartal tritt an verschiedenen Stellen ein Asphaltschiefer des Keupers zutage, aus dem in einer Anlage bei Wallgau in der Nähe von Garmisch-Partenkirchen sogenanntes Schieferöl gewonnen wird. Die bayerischen Ölschiefer enthalten etwa 10 vH Bitumen, aus dem, auf den Ausgangstoff bezogen, etwa 5 vH Öl gewonnen werden kann. Gegenüber den Braunkohlenvorkommen tritt aber heute die Bedeutung von Torf und Ölschiefer zurück.

Verwertung.

Durch eine umfassende Vergasung oder Verschwelung unsrer Kohlenschätze könnte die Kohlenwirtschaft Bayerns eine ganz andre Grundlage gewinnen und eine stetige Beschäftigung der heimischen Gruben sowohl im Pechkohlen- wie auch im Braunkohlengebiet während des ganzen Jahres sichergestellt werden.

Da weder Pech- noch Braunkohlen und die daraus hergestellten Briketts in gleichem Grade lagerfähig sind wie gute Steinkohlen und besonders Koks, so muß in den Sommermonaten auf den genannten Gruben wegen Absatzmangels zeitweise mit Feierschichten gearbeitet werden, da ein sehr großer Teil der Förderung der bayerischen Gruben den Bedürfnissen des Hausbrandes dient, für den im Sommer nur ein geringer Bedarf vorliegt. Es erscheint widersinnig, daß im kohlenarmen Bayern die landeseigenen Schätze nicht bis zur Grenze der Leistungsfähigkeit der einzelnen Bezirke gehoben werden, vielmehr der Bedarf an Kohlen, auch im Sommer, aus weiter Entfernung her gedeckt wird. Die Ursache dieser Erscheinung liegt natürlich in erster Linie, außer an entsprechender fachlicher Einsicht der Kohlenverbraucher, dem Vorhandensein geeigneter Feuerungen usw., vor allem mit an der Preisbildung auf dem Kohlenmarkt, die durch eine für die bayerischen Gruben nicht sehr günstige Frachtenpolitik der Reichsbahn maßgebend beeinflußt wird, begründet. Wir müssen also, um den dauernden Absatz im eigenen Lande zu sichern, die heimischen Schätze wettbewerbfähiger machen. Dies ist möglich, wenn wir sie in erster Linie der Verschwelung oder Vergasung zuführen.

Es steht nach der bisherigen Entwicklung und dem Stand unsrer technischen Erkenntnisse sicher zu erwarten, daß dem Jahrhundert des Dampfes ein Zeitalter folgen wird, in dem zur unmittelbaren und mittelbaren

Krafterzeugung flüssige Brennstoffe zu einem bedeutenden Anteil die Rolle übernehmen werden, die bisher vorwiegend den Kohlen zufiel. Diese Entwicklung ist einerseits dadurch gegeben, daß unsre Kohlenschätze nicht unerschöpflich sind und wir mit ihnen schon im Hinblick auf die wachsenden Schwierigkeiten ihrer Hebung haushälterischer als bisher umgehen müssen, und anderseits dadurch, daß schon mit den bisherigen technischen Hilfsmitteln und bei den jetzigen Ölpreisen (die allerdings, wie bekannt, durch die fast monopolartige Beherrschung des Ölmarktes durch Amerika starken Schwankungen unterworfen sind) es möglich ist, in sehr vielen Fällen mit Öl billiger zu wirtschaften als mit Kohlen.

Die Entwicklung des Personen- und Lastkraftwagenverkehrs stellt uns vor die Frage: Woher sollen wir in Zukunft, besonders wenn wir durch politische Verwicklungen vom Ausland abgesperrt werden sollten, die Betriebstoffe: Benzin, Treiböl, Heizöl, Schmieröl, nehmen, bezüglich derer wir nach unserer bisherigen Wirtschaftsweise in unheilvollem Maße vom Ausland abhängig sind. Unsere einheimischen Fundstellen an Erdöl, dem bisherigen Hauptausgangserzeugnisse vorgenannter Betriebstoffe, können nur einen verschwindenden Teil unsres Bedarfes decken. Unser Ziel muß deshalb bleiben, die Kohlen nicht durch Verbrennung auf Rosten zu verwenden, sondern alle in ihr ruhenden Wertstoffe (Benzin, Benzol, Treiböl, Schmieröl usw.) möglichst restlos vorher nutzbar zu machen; d. h. die Kohlen chemisch und physikalisch aufzuspalten und nur die Rückstände der verschiedenen Gewinnungsverfahren und sonst nicht verwertbare Feinkohlen, die gegebenenfalls brikettiert werden, entweder auf Rosten wie bisher oder in Staubfeuerungen zu verbrennen.

Benzin, Treiböl usw. gewinnt man in Bayern aus eigenen Bodenschätzen fast gar nicht. Das kleine Erdölvorkommen am Tegernsee ist bedeutungslos. Der gesamte Bedarf muß durch Einfuhr gedeckt werden. Es ist klar, daß, wenn wir diesen Bedarf ganz oder teilweise aus unsern Kohlen decken, wir unsrer Volkswirtschaft bedeutende Werte zuführen und den Arbeitsmarkt beleben.

Auf dem Wege zur Verbesserung unsrer Wärme- und Ölwirtschaft bildet die Vergasung eine wichtige Rolle, insofern sie die Gewinnung von Teer als Nebenerzeugnis gestattet. Nach Lage der Dinge wird in Bayern die Vergasung von Steinkohlen stets einen beschränkten Umfang aufweisen, aber bei der zurzeit vorwiegend in Frage kommenden Vergasung von Braunkohlenbriketts und böhmischen Braunkohlen ist die Teergewinnung wesentlich einfacher und erbringt ohne Änderung der Gaserzeuger oder des Vergasungsbetriebes einen hochwertigen, meist paraffinreichen Ur-(Tieftemperatur-)teer. Durchaus ähnlich gestaltet sich die Vergasung der Pechkohlen, die infolge ihres Gasreichtums höhere Teerausbeuten verspricht; gerade der oft höhere Urteergehalt der alpinen Pechkohlen, der zusammen mit dem eingesprengten Schwefelkies dieser Sorten die unmittelbare Verbrennung auf dem Rost erschwert, lenkt die Technik zur Vergasung dieser Brennstoffe, selbst in solchen Fällen, wo diese Zwischenschaltung auf den ersten Blick als ein Umweg erscheint, weil die Vergasungsmöglichkeit aschenreicher Sorten eine Verbilligung der Förderung in den Bereich der Möglichkeit rückt. Natürlich kann letzteres nur für die nächste Umgebung der Fundorte gelten, aber jede Entwicklung in dieser Hinsicht macht bessere Sorten für den weiteren Absatz frei.

Unter allen Umständen sollte man aber jetzt schon, um den wirtschaftlichen Aufstieg unsres deutschen Volkes nicht zu erschweren, danach streben, alle gasverbrauchenden Industrien, wie z. B. die in Bayern stark entwickelte Glas- und keramische und auch die oberpfälzische Eisenindustrie, Emaillierwerke usw. für die ausschließliche Verwendung heimischer Kohlen zur Gaserzeugung zu gewinnen. Der Großteil der genannten Industrien deckt heute noch seinen Wärmebedarf mit böhmischen Braunkohlen und verschlechtert unsre Handelsbilanz und unsren Arbeitsmarkt. Z. B. ist die Vergasung grubenfeuchter, oberpfälzischer Rohbraunkohlen schon heute infolge ihrer Stückigkeit mit guten Wirkungsgraden möglich, wie auch aus der an dieser Stelle erschienenen Abhandlung von Professor Dr. Loschge, München, hervorgeht[1]).

Wenn auch das Gas, das aus böhmischen Kohlen und aus Braunkohlenbriketts gewonnen wird, heizwertreicher ist als Gas aus Rohbraunkohlen, so können doch fast alle in den genannten Industrien notwendigen Temperaturen auch mit Rohkohlengas erreicht werden, wenn nur dafür gesorgt wird, daß die Vorwärmung von Verbrennungsluft und Gas durch entsprechend bemessene Regeneratoren und sonstige Einrichtungen weit genug getrieben wird. Eine Ausnahme davon macht nur der Siemens-Martinofen.

Daß z. B. in Glas-, Porzellanfabriken und Eisenwerken genügend Abwärme für den genannten Zweck vorhanden ist, beweisen die Abgangstemperaturen der Glühöfen, Glaswannen usw., die zwischen 500 bis 600 und 800 °C liegen. Wenn auch jetzt da und dort diese Abwärme in Kesseln zur Dampferzeugung nutzbar gemacht wird, so bedeutet doch diese zwangsweise vorgenommene Verkettung von Fertigung und Dampferzeugung keine natürliche Entwicklung. Letztere ist vielmehr darin zu erblicken, daß man die Wärmeträger (in diesem Falle das Gas), wenn auch mit mäßigem Heizwert, aus billigen heimischen Kohlen erzeugt und nach weitestgehender Vorwärmung von Luft und Gas zur Erreichung der notwendigen Betriebstemperaturen wie Abgase schließlich ohne jede Verwicklung der Anlage, wie z. B. durch Abwärmekessel, mit 200 bis 300 °C in den Schornstein schickt.

Auf eine wirtschaftliche Teergewinnung, die nach unsrer jetzigen Kenntnis wohl nur bei Verwendung vorgetrockneter oder andrer hochwertiger Braunkohlen weit genug getrieben werden kann, wird in der Mehrzahl der Fälle heute noch leider viel zu wenig oder gar kein Wert gelegt. Zum Wohl des Volksganzen muß das Streben der heizgasverbrauchenden Industrie darauf gerichtet sein, im Rohstoffbezuge vom Ausland so weit wie möglich frei zu werden und das Gas so billig wie möglich aus heimischen Brennstoffen zu erzeugen, selbst wenn vorerst durch Anpassung der Fertigungseinrichtungen an die heimischen Kohlen kleine Kapitalaufwendungen nicht zu umgehen sind. Soweit aber trotzdem noch ursprungsfremde Brennstoffe verarbeitet werden müssen, sollte man wenigstens der gleichzeitigen Teergewinnung mehr Aufmerksamkeit als bisher zuwenden, um so mehr als die Verwendung von Reingas in allen Industrien so mannigfaltige technische Vorteile erbringt, daß Anlagekosten leicht verzinst und in kurzer Zeit getilgt werden können. In den Brikettfabriken steht meist so viel Wärme zur Verfügung, daß das erwähnte Vortrocknen der Kohlen zu Vergasungszwecken keine Schwierigkeiten macht. Briketts müssen von der Vergasung als zu teuer nach Möglichkeit ausgeschaltet und dafür muß auf stückigen Halbkoks als idealen Vergasungsstoff zurückgegriffen werden. Der letztgenannte Umstand ist für die erwähnten Industrien besonders deshalb von Vorteil, weil dann alle Verwicklungen, die der Anfall des Teers und seine Gewinnung in kleinen Anlagen im Gefolge haben, wegfallen und überdies eine zusammengefaßte Teergewinnung auf der Kohlengrube die größten Ausbeuten bei den geringsten Gestehungskosten erwarten läßt.

Verschwelung.

Es bleibt nun die Hauptfrage zu beantworten, wie eignen sich die in Bayern geförderten Kohlen zur Verschwelung und welche Ausbeuten sind zu erwarten? Bei der vorsichtigen Schwelung in dem Temperaturbereich, das nach oben von etwa 500 °C begrenzt ist, entstehen bekanntlich aus allen Kohlen, je nach ihrer Herkunft, in mehr oder minder großen Mengen in der Hauptsache Teer, Schwelwasser, Schwelgase und als Rückstand Halbkoks, dessen Gefüge je nach dem Ausgangstoff verschieden ist.

An dieser Stelle muß betont werden, daß die Wirtschaftlichkeit aller Schwelverfahren nur dann gesichert ist, wenn für den Halbkoks ausreichende Verwendungsmöglichkeiten bestehen. Aus den lignitischen Braunkohlen, wie sie z. B. bei Schwandorf vorwiegend gewonnen werden,

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1.

entsteht bei der Schwelung ein der Holzkohle ähnliches Erzeugnis, das noch verhältnismäßig gasreich, in jeder Menge stapelfähig und sowohl im Hausbrand als auch im Kleingewerbe verwendbar ist. Außerdem ist dieser Halbkoks oder Flammkoks, wie man ihn wohl auch bezeichnen kann, ein vorzüglicher Vergasungsstoff. In neuester Zeit werden Lastkraftwagen ohne jegliche Betriebschwierigkeiten mit Gas betrieben, das in kleinen, mit Holzkohlen gefüllten Gaserzeugern gewonnen wird. Allgemein hat man diese Wagen noch mit Einrichtungen versehen, um von Gas auf Benzin umschalten zu können, so daß keine Anfahrschwierigkeiten sowie Störungen vorkommen, wenn zum Überwinden großer Steigungen usw. die Motorleistung vorübergehend plötzlich stark erhöht werden muß. Die Brennstoffkosten solcher Wagen sind bedeutend geringer als die der mit den bisher üblichen Betriebstoffen laufenden Fahrzeuge. Schon allein der genannte Verwendungszweck würde dem stückigen Halbkoks, wenn seine Einführung in den Verkehr allgemein würde, ein weites Feld sichern und unseren Benzinbedarf in erfreulicher Weise einschränken. Außerdem ist feinkörniger Halbkoks, in Mitteldeutschland Grude genannt, in geeigneten Öfen ein geschätzter Brennstoff für Hausbrandzwecke und in gemahlenem Zustand ein wertvoller Stoff für Staubfeuerungen, zumal er sich für den letztgenannten Zweck mit wesentlich geringerem Kraftaufwand mahlen läßt als die bisher auf 15 bis 20 vH Feuchtigkeit vorgetrockneten Braunkohlen, von Steinkohlen ganz abgesehen. Da der Grudekoks wegen seines mäßigen Gasgehaltes nicht so langflammig verbrennt wie z. B. vorgetrocknete Rohkohlen oder auch Pechkohlen (Feinkohle), und man zum vollständigen Ausbrennen der Brennstaubflamme mit einer verhältnismäßig kleinen Flammenlänge auskommt, so stellt der aus feinkörnigem Halbkoks gewonnene Brennstaub wohl den besten Stoff dar für die Heizung der mit entsprechenden Einrichtungen ausgerüsteten Dampflokomotiven. Es steht zu erwarten, daß wir nach dem Vorbild Amerikas, Hollands, Schwedens und anderer Länder bald auch in Deutschland mit Staubfeuerungen ausgerüstete Lokomotiven in den regelmäßigen Dienst stellen. Dem Vernehmen nach soll inzwischen die Reichsbahn zwei solcher Lokomotiven bereits in Auftrag gegeben haben.

Zum Schwelen können die in Bayern vorkommenden gebrochenen und grubenfeuchten Förderbraunkohlen, da sie, wie erwähnt, sehr stückig sind, ungesiebt verwendet werden. Ihr Teergehalt ist im Verhältnis zu den mitteldeutschen Rohbraunkohlen geringer. Er beträgt etwa 3 bis 4 vH gegen 5 bis 6 vH der mitteldeutschen Braunkohlen.

Würde so der Absatz des Halbkokses, der getrocknet einen hochwertigen Brennstoff mit 5 bis 6000 kcal unterem Heizwert darstellt, gesichert, dann würde auch der verhältnismäßig geringe Teergehalt der bayerischen Rohbraunkohlen für das Verschwelen kein Hindernis sein. Angenommen, es würden jährlich in Bayern nur 1 Mill. t Rohbraunkohlen verschwelt, so könnten etwa 30 000 t Schwelteer und daraus etwa 18 000 t Öldestillate gewonnen werden, schon ohne Berücksichtigung der Pechkohlen. Der bayerische Bedarf an Benzin, Leuchtöl, Treiböl, Heizöl, Schmieröl dürfte jährlich etwa 50 bis 60 000 t betragen, so daß der fehlende Rest aus dem übrigen Deutschland zu decken wäre, das bei einem jährlichen Gesamtbedarf an vorgenannten flüssigen Brennstoffen von etwa 1 Mill. t hierzu etwa 34 Mill. t Braunkohlen verschwelen müßte; dazu könnten natürlich die bisher in Mitteldeutschland, der Wiege der deutschen Schwelindustrie, noch vorwiegend gebrauchten Rolleöfen, die in 24 h nur etwa 4 bis 5 t grubenfeuchter stückiger Rohbraunkohlen durchsetzen und die auch nur etwa 60 vH des nach der Schwelanalyse von Gräfe in den Braunkohlen vorhandenen Teers zu gewinnen gestatten, nicht verwendet werden. Es müßten schon die neueren Vorschläge für das Verschwelen[1]) zur Gewinnung von Schwelteer Beachtung finden und Großschwelverfahren durchgebildet werden. Darunter wären vor allem solche entwicklungsfähig, bei denen die Gasmengen möglichst gering werden. Denn deren Unterbringung, besonders wenn es sich um heizwertarme Gase handelt, verursacht vielfach bedeutende Schwierigkeiten, so lange wenigstens wie es uns nicht gelingt, aus diesen Gasen auf synthetischem Wege flüssige Brennstoffe zu gewinnen. Solche Aussichten eröffnet z. B. das Syntholverfahren nach Fischer und Tropsch. Zu letztgenanntem Verfahren eignet sich vor allem auch das Wassergas, das aus stückigem Halbkoks gewinnbar wäre. Wie weit sich die schon auf eine ziemlich lange Erprobungszeit zurückschauenden Verfahren zur sogenannten Verflüssigung der Kohle, z. B. das Bergiusverfahren, auf unsre bayerischen Kohlenschätze auswirken werden, läßt sich noch nicht übersehen.

Was im vorausgehenden über die jüngeren bayerischen Braunkohlen gesagt wurde, dürfte hinsichtlich der Gewinnung flüssiger Brennstoffe mit Einschränkungen, die durch die Eigenschaften der Pechkohlen bedingt sind, auch für diese Geltung haben. Die Pechkohlen sind gasreich, sie enthalten allerdings viel Schwefel und ergeben einen kleinkörnigen bzw. sandigen Koks, der wohl vorläufig nur für die Staubfeuerung verwendbar wäre. Da zur Erzeugung von 1 kWh mit Dampf, wenn es sich um reine Krafterzeugung handelt, gegenüber Gas- bzw. Ölmaschinen günstigstenfalls im Dauerbetrieb die zwei- bis dreifache Wärmemenge nötig ist und trotz aller Verluste, welche die Gas- und Ölgewinnung im Gefolge hat, schon heute z. B. die Erzeugung elektrischer Kraft mit Gas und Öl in sehr vielen Fällen billiger ist als auf dem Umweg über den Dampf, so sind auch schon heute die Entwicklungsmöglichkeiten für Großschwelereien und Großgaserzeugungsanlagen gegeben. Diese Entwicklung ist selbstverständlich im Hinblick auf den Kapitalbedarf und das nur allmähliche Fortschreiten technischer Erkenntnisse nicht in kurzer Zeit zu erwarten.

Die im vorstehenden, wenn auch nur andeutungsweise, gekennzeichneten Entwicklungsgänge lassen einen Schluß zu, wie wir uns in erster Linie durch Ingenieurarbeit, kaufmännischen Geist und daraus fließenden gesunden Unternehmersinn in der zukünftigen Gestaltung unsrer Kraftversorgung und Brennstoffwirtschaft vom Ausland unabhängig machen können. [B 336]

[1]) Vergl. S. 555 u. f.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 2. MAI 1925 NR. 18

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 608.

Verteilung der elektrischen Energie

mit besonderer Berücksichtigung des Bayernwerkes[1].

Von Dipl.-Ing. A. Menge, Vorstandsmitglied der Bayernwerk-A.-G., der Walchenseewerk-A.-G. und der „Mittlere Isar"-A.-G., München.

Ausgehend von den drei zur Zeit in Deutschland bestehenden 100 kV-Verteilnetzen werden die Aufgaben und der Aufbau des jüngsten dieser Unternehmungen, des Bayernwerkes, behandelt. Planmäßige Versorgung des ganzen Landes war bereits bei den ersten Entwürfen des Bayernwerkes ins Auge gefaßt; Vereinheitlichung bei der Leitungsführung, der Wahl der Maste und Isolatoren, beim Ausbau der Umspannwerke und der Schutzsysteme. Gesichtspunkte für die Ausführung der Fernleitungen und Umspannwerke. Betriebsorganisation. Aussichten der 220 kV-Uebertragung.

Gesamtansicht des Walchensee-Kraftwerkes mit Rohrbahn und Wasserschloß.

Einleitung.

Seit im Jahre 1912 mit der Fernübertragung Lauchhammer-Riesa die erste 100 000 V-Leitung Europas in Betrieb gesetzt wurde, hat sich in Deutschland immer mehr der Grundsatz durchgesetzt, die Stromerzeugung teils in Wärme-, teils in Wasserkraftwerken in größtem Maßstab zusammenzufassen und die Energie in Hoch- und Höchstspannungsnetzen über ganze Länder und Provinzen zu verteilen. In Angliederung an die großen Wirtschaftsbezirke Deutschlands haben sich drei große 100 000 V-Netze ausgebildet: ein rheinisch-westfälisches, ein mitteldeutsches und ein süddeutsches, Abb. 1. Andre Netze, z. B. in Ostpreußen, kommen noch mit 60 000 V aus. Infolge verschiedener Dichte und verschiedenen Energiebedarfs der Abnahmeschwerpunkte dieser drei Wirtschaftsbezirke sind der Großverteilung verschiedene Aufgaben gestellt. Während es sich in Rheinland-Westfalen um die Verteilung großer Leistungen in verhältnismäßig engem Raume handelt, sind in Süddeutschland verhältnismäßig niedrige Leistungen auf weite Strecken zu übertragen; Mitteldeutschland hält zwischen diesen beiden Grenzverhältnissen die Mitte.

Die jüngste und in ihrem Aufbau einheitlichste und geschlossenste dieser 100 000 V-Anlagen ist die des Bayernwerkes, deren Bau Ende 1920 nach den Plänen von Dr.-Ing. Oskar v. Miller in Angriff genommen wurde, des bekannten Pioniers der Elektrotechnik, der im Jahre 1891 anläßlich der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung in Frankfurt a. M. die erste Wechselstrom-Hochspannungs-Fernübertragung von Lauffen nach Frankfurt (170 km, 180 PS) gebaut hat.

[1]) Beitrag zur Weltkraftkonferenz London 1924.

Abb. 1. 110 kV-Anlagen in Nordwest-, Süd- und Mitteldeutschland.
Geplante Anlagen sind in der Karte nicht verzeichnet.

Das Bayernwerk, Abb. 2, das im Januar 1924 den normalen Betrieb aufnehmen konnte, hat die Aufgabe, die Elektrizitätsversorgung von ganz Bayern möglichst wirtschaftlich zu gestalten. Das zu diesem Zweck erbaute 110 kV-Netz ermöglicht:

1. die großen und zum Teil speicherfähigen bayerischen Wasserkräfte[1]) — zunächst die gleichzeitig mit dem Bayernwerk ausgebauten des Walchensees (Speicherwerk) und der Mittleren Isar (Laufwerke) — für die Versorgung des ganzen Landes möglichst vollkommen auszunutzen und damit die Verwendung von Kohlen für die Elektrizitätserzeugung weitgehend einzuschränken;
2. die Verbindung zwischen den bestehenden, mit Wasser oder Dampfkraft betriebenen Elektrizitätswerken herzustellen, behufs Austausches überschüssiger Energiemengen und Lieferung von Aushilfskraft;
3. bei günstigen Wasserverhältnissen mit Wasserkräften gewonnene Energiemengen, die in Bayern selbst nicht rationell verbraucht werden können, an die Nachbarländer abzugeben und von diesen zu Zeiten der Wasserknappheit in Dampfkraftwerken erzeugte Energie zu beziehen.

[1]) Z. Bd. 66 (1922) S. 1013, Bd. 67 (1923) S. 1 u. f., S. 211 u. f., S. 462.

Fernleitungen des Bayernwerkes.

Allgemeines. Abb. 2 zeigt die Gestaltung des Bayernwerknetzes, seine 110 000 V-Leitungen und die durch sie verbundenen Umspannwerke. Aus dem Plan nebst Erklärung gehen auch die Eingliederung des Bayernwerkes in die gesamte Elektrizitätsversorgung des rechtsrheinischen Bayern und die wichtigsten Konstruktionszahlen hervor.

Bei den Doppelleitungsstrecken sind aus Gründen der Betriebsicherheit die beiden Drehstromkreise je auf eine Mastseite gelegt, Abb. 3 und 4. Zum Ausgleich der durch die unsymmetrische Leiteranordnung bedingten ungleichen Kapazitäten und Induktivitäten je Leiter wurden die Leitungen nach den Vorschlägen von Prof. Petersen, Darmstadt, verdrillt. Im allgemeinen ist zwischen je zwei Umspannwerken eine vollständige Verdrillung vorgesehen. Hierzu dienen Abspannmaste, die zu diesem Zwecke mit Hilfstraversen ausgerüstet sind.

Die Maste, Abb. 3 und 4, wurden genormt, und zwar kamen für die Doppelleitungen drei Tragmast- und vier Abspannmast-Bauarten, für die Einfachleitungen je zwei Mastarten zur Verwendung.

Isolatoren. Im Freileitungsnetz werden durchweg Hängeisolatoren benutzt. Als im Herbst 1921 die ersten Isolatoren bestellt wurden, entschloß man sich für Schlingenisolatoren, da bei den Kappenisolatoren die Kittfrage noch nicht zufriedenstellend gelöst war.

Um den Nachteilen des Schlingenisolators: große Baulänge, teure Kupferseilschlingen, Gefahren infolge Ungleichmäßigkeit des verwickelt gestalteten Porzellankörpers, zu entgehen, wurde auf das angestrengteste an der Vervollkommnung der Kappenisolatoren gearbeitet. So gelang es der Porzellanfabrik Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H., Hermsdorf (Thüringen), den Kugelkopfisolator auszubilden, Abb. 5, bei dem nur wenig und allein auf Druck beanspruchter Kitt verwendet wird; statt dessen wird der Isolator neuerdings mit flüssigem Blei ausgegossen. Bei diesen Isolatoren wird die hart gebrannte Kugel in den vorgebrannten Kopf eingebracht und dieser erst sodann gar gebrannt; durch Schwinden des Kopfes und damit Verengung seiner Öffnung wird der Kugel der Austritt gesperrt.

Die Porzellanfabrik Ph. Rosenthal & Co., A.-G., Selb (Bayern), hat die Frage des Kappenisolators durch Konstruktion ihres Kegelkopfisolators gelöst, bei dem der Bolzen nach einem besonderen Verfahren ohne Kitt befestigt wird, Abb. 6. Sowohl Kugelkopf- als auch Kegelkopfisolatoren bieten den Vorteil geringerer Baulänge; so beträgt die Baulänge für eine siebengliedrige Kappenisolatorenkette 1510 mm gegenüber 1930 mm bei Schlingenisolatoren.

Armaturen. Das Bayernwerk hat die Forderung gestellt, daß die Hängeklemmen die Aluminiumseile bei Erhöhung der Zugspannung über 450 kg, die Kupferseile bei Erhöhung über 800 kg gleiten lassen. Die Hängeklemmen der Aluminiumleitungen wurden mit einem Schutzhorn ausgerüstet, um zu verhindern, daß der Lichtbogen auf dem leicht schmelzbaren Aluminiumseil stehen bleiben kann.

Abb. 2. Elektrizitäts-Versorgungsgebiete im rechtsrheinischen Bayern und das Bayernwerknetz. Bisheriger Ausbau: Gesamte Netzlänge 930 km, Länge des Ringes 400 km, Leitungen mit Doppelgestänge 833 km, Leitungen mit Einfachgestänge 97 km, normale Spannweite 250 m; Kupferseile, gespannt mit 16 kg/mm², und Aluminiumseile, gespannt mit 9 kg/mm², haben den gleichen Durchhang; siebengliedrige Hänge-Isolatorenketten, achtgliedrige Abspann-Isolatorenketten. Im Bau seit Februar 1925: Zweite Leitung Kochel-Karlsfeld (75 km), Einfachgestänge mit Kupferleitung von 3 × 120 mm² und Masten von quadratischem Querschnitt. Im ersten Ausbau werden 80 000 kW oder 300 Mill. kWh übertragen.

Abb. 3. Tragmast. Spitzenzug: 1300 kg. *a* Leitungdurchhang

Abb. 4. Abspannmast. Spitzenzug 7000 kg.

Abb. 3 und **4.** Maste des Bayernwerkes für Doppelleitungen.

Zeichen-Erklärung		Leerlaufübersetzungen in den einzelnen Umspannwerken
(Doppellinie)	Ausgeführte 110 kV-Leitung mit Doppelgestänge	1. Kochel . . . . . 6,6/115 kV
(einfache Linie)	„ 110 „ „ „ Einfachgestänge	2. Karlsfeld . . . . 106/59/42 „
(gestrichelte Doppellinie)	„ 110 „ „ „ Doppelgestänge, vorläufig einfach belegt	3. Landshut . . . . 106/57/22 „
(strichpunktierte Doppellinie)	geplante 110 kV-Leitung mit Doppelgestänge	4. Meitingen . . . 106/11 „
Cu	Kupferleitung, je 3 × 120 mm² Querschnitt	5. Regensburg . 106/39 „
Al	Aluminiumleitung, je 3 × 120 mm² Querschnitt	6. Amberg . . . . 106/39 „
(Symbol)	Leitung, mit Hewlettisolatoren ausgerüstet	7. Arzberg . . . . 100/42 „
(Symbol)	„ „ Kugelkopfisolatoren ausgerüstet	8. Nürnberg . . . . 100/22 „
(Symbol)	„ „ Kegelkopfisolatoren ausgerüstet	9. Bamberg . . . . 99/16 „
■	ausgeführte Umspannwerke	10. Würzburg . . . 97/22 „
□	geplante Umspannwerke	11. Schweinfurt . . 97/22 „
		12. Aschaffenburg . 97/22 „

Umspannwerke.

Aus Abb. 2 geht hervor, in welcher Weise die vom Bayernwerk verteilte Energie den einzelnen Versorgungsgebieten zugeführt wird. Das Umspannwerk Karlsfeld nimmt die Energie des Walchenseewerkes auf, während die Energie der „Mittleren Isar" in den Umspannwerken Karlsfeld und Landshut ins Bayernwerknetz eingeleitet wird. Das geplante Umspannwerk Passau wird später zur Aufnahme der Energie aus dem Kachlet-Werke dienen.

Ölschalter. An die im Bayernwerk benutzten Ölschalter wurde vor allem die Forderung gestellt, hohe Kurzschlußleistungen bewältigen zu können; sämtliche Ölschalter sind dementsprechend für eine Kurzschlußleistung von 480 000 kVA bemessen; sie sind als Dreikessel-Ölschalter ausgebildet und zum Schutze gegen Überspannungen und Stromstöße beim Schalten mit einem Schutzwiderstand ausgerüstet.

In den unterfränkischen Umspannwerken Würzburg, Schweinfurt und Aschaffenburg wurden versenkte Ölschalter eingebaut; in den übrigen Umspannwerken sind freistehende Ölschalter verwendet.

Abb. 5. Kugelkopf-Hängeisolator. Überschlagspannung eines Gliedes trocken 85 kV, unter Regen 74 kV, mechanische Festigkeit 4000 kg.

Abb. 6. Kegelkopf-Hängeisolator. Überschlagsspannung eines Gliedes trocken 85 kV, unter Regen 74 kV, mechanische Festigkeit 5000 bis 6000 kg.

Abb. 7 bis 11 zeigen, in welcher Weise die verschiedenen Ölschalterbauarten den Anforderungen: rasches Verlöschen des Ausschaltlichtbogens, geringe Gasentwicklung, sichere Beherrschung des Gasdruckes, Explosionssicherheit (also genügende Abkühlung der Ölgase vor ihrem Austritt an die Oberfläche) gerecht werden.

In dem AEG-Schalter, Abb. 7, Textblatt 3, wird der Strom in Löschkammern unterbrochen; hier erzeugt der Lichtbogen durch schnelles Vergasen des Öles einen hohen Druck, der den Lichtbogen rasch zum Erlöschen bringt und die Schalttraverse beschleunigt. Abb. 8, Textblatt 3, zeigt Einzelheiten des Schalters.

Der SSW-Schalter, Abb. 9, Textblatt 3, ist mit Vorstufen-Schutzwiderstand, mit Repelitdurchführungen nach dem Kondensatorprinzip und mit Ringstromwandlern um jede Durchführung ausgeführt. Die isolierenden Träger bestehen aus Repelit; alle Spannung führenden Teile sind gut abgerundet und, soweit erforderlich, gegen die Kesselwände abgeschirmt. Jeder Phasenschalter hat sechs Unterbrechungsstellen.

Bei dem BBC-Schalter wird der mittels der Hubwagen *r*, Abb. 10, Textblatt 3, hochgehobene am Stahlgußdeckel *c* befestigte Schaltmechanismus im Betrieb in einen unterhalb des Fußbodens in einer Betongrube angeordneten Ölkübel versenkt. Der Kübel ist an einem auf dem Fundamentring liegenden Zwischenring angenietet. Durch Vielfachunterbrechung in zehn hintereinander geschalteten Unterbrechungsstellen wird angestrebt, die Schalterarbeit zu verkleinern, die Lichtbogendauer zu verkürzen sowie die Gasentwicklung zu verringern und auf mehrere Entstehungsorte zu verteilen, wodurch bessere Kühlung der Gase im Öl erzielt werden soll.

Bei dem Bergmann-Schalter, Abb. 11, Textblatt 3, wird durch gleichzeitige Unterbrechung an vier Kontaktstellen die Funkstrecke auf das Vierfache des Schaltweges ausgedehnt.

Abb. 12 zeigt außerdem einen Ölschalter für 20 kV, der hohe infolge der Schaltvorgänge auftretende Drücke aufnehmen kann. Der runde Kessel wird zum Nachprüfen der Kontakte usw. herabgelassen. Die Durchführungen bestehen aus Repelit.

An Transformatoren werden im Bayernwerk zwei Größen verwendet, und zwar für 6000 und für 16 000 kVA. (Es sind jedoch in Deutschland bereits Einheiten von 60 000 kVA Leistung in Betrieb.) Die ohne Anzapfungen ausgeführten Transformatoren sind oberspannungsseitig in Stern mit herausgeführtem Nullpunkt, unterspannungsseitig in Dreieck geschaltet. Das Öl wird durch Kühlschlangen, die außerhalb des Transformators in wasserdurchflossenen Betonbecken liegen, auf niedriger Temperatur gehalten. Sämtliche Transformatoren des Bayernwerkes sind als Kerntransformatoren gebaut. Der höchste Leerlaufstrom bei normaler Oberspannung beträgt

Abb. 12. Ölschalter für 20 kV.

Abb. 14. Schenkel des 16 000 kVA-SSW-Transformators in verschiedenen Stufen der Fertigstellung.

a Unterspannungsspulen
b Eisenkern
c Isolierte Sternverbindungen
d Unterer Versteifungsrahmen
e Transformatortrageisen (Füße)
f Eisenkernzugbolzen
g Setzrahmen für die Unterspannungswicklung
h Kanäle im Eisenkern
i Druckrahmen für die Unterspannungswicklung
k Holzeckleisten des Eisenkernes

A. Menge: Verteilung der elektrischen Energie mit besonderer Berücksichtigung des Bayernwerkes.

Abb. 7. 110 kV-Ölschalter der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft.

a Löschkammer
b Hauptkontakte
c feststehende Kontakte für den Schutzwiderstand
d bewegliche Kontakte für den Schutzwiderstand
e Schutzwiderstand
f Durchführungs-Stromwandler
g Isolationszylinder für Löschkammer

Abb. 9. 110 kV-Ölschalter der Siemens-Schuckertwerke.

Abb. 8. Einzelheiten der Löschkammer des 110 kV-Ölschalters der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft.

h Metallzylinder
i Holzteller mit Loch für Kontaktstift
k Isolationsauskleidung für h
l geschlitzter Federkontakt

A. Menge: Verteilung der elektrischen Energie mit besonderer Berücksichtigung des Bayernwerkes.

Abb. 10. 110 kV-Ölschalter von Brown, Boveri & Cie.

a Fundamentring
b Tragring für den Ölkübel
c Stahlgußdeckel, 30 mm dick
d Durchführungsisolator
e Ausdehnungsgefäß
f Stromwandler
g Beweglicher Kontaktteil
h Feststehender Kontaktteil
i Kugelkontakt
k Federnder Kugelkontakt
l Isolationswand
m Isolationswand (Trennrechen)
n Schutzwiderstand
o Isolationsträger
p Tragösen
r Hubwagen.

Abb. 11. 110 kV-Ölschalter der Bergmann-Elektrizitäts-Werke.

a Zylinderförmiger Kontakt, gekapselt
b Zylinderförmiger Kontakt bei abgenommener Kapsel gebildet aus im Kreis angeordneten, durch eine Druckfeder zusammengehaltenen Normalkontakten
c Kontaktfinger mit Abreißvorrichtung.

7 vH des Vollaststromes, die höchste Sättigung bei normaler Leerlaufoberspannung 14 000 Gauß.

Eine neuartige Gestaltung zeigen die für die Umspannwerke Landshut und Arzberg von der AEG gelieferten 16 000 kVA-Transformatoren, Abb. 13. Um diese betriebfertig und mit eingefülltem Öl in das Umspannwerk befördern zu können, hat die AEG den Transformator mit fünfschenkeligem Kern gebaut. Die beiden Außenschenkel haben ungefähr den halben Querschnitt der mittleren, die Wicklungen tragenden Schenkel; die Außenschenkel stellen eine Fortsetzung des Joches dar. Die auf diese Art erzielte Verringerung des magnetischen Flusses in den Jochen gestattet, deren Querschnitt auf die Hälfte zu verkleinern, wodurch sich eine bedeutende Verringerung der Bauhöhe und Anpassung des Transformators an das zulässige Bahnprofil ergibt.

Abb. 13. 16 000 kVA-Transformatoren der AEG für die Umspannwerke Landshut und Arzberg.

a Außenschenkel
b Joche
c Preßkonstruktion für die senkrechten Bolzen
d Preßplatten
e Wagerechte Preßbolzen
f Wicklungsträger
g Hartpapier-Endabstützungen
h Oberspannungsspulen
i Sprungwellenringe
k Hartpapierzylinder zwischen Ober- und innerer Unterspannungswicklung
l Druckfreie Abstützungen.

Die Bleche werden zusammengepreßt durch quadratische Stahlgußpreßplatten *d*, die gegeneinander und gegen die wirksamen Bleche isoliert sind. Der in der Mitte der Preßplatte sitzende, kräftige Bolzen *e* wird durch einen senkrechten Schlitz im Schenkel durchgeführt und hat reichlichen Ölabstand von den wirksamen Blechen. Die Joche und Schenkel werden mittels Stangen zusammengepreßt, die in Kanälen parallel zur Blechebene durch die Kernschenkel geführt sind. Diese Stangen sind durch Hülsen aus nichtmagnetischem Metall gegen die wirksamen Bleche isoliert; sie sind an der Eisenkonstruktion *c* befestigt. Gegenüber der älteren Konstruktion, bei der die Preßstangen vor und hinter den Fenstern angeordnet waren, hat die neue Ausführung den Vorteil, das auf Kurzschlußkräfte zurückzuführende Wandern der Außenschenkel zu unterbinden. Gleichfalls mit Rücksicht auf die Kurzschlußwirkung ist die Wicklung kreisförmig ausgebildet. Der Spulenaufbau ist doppelt konzentrisch: auf den Schenkeln liegt je zwischen zwei Unterspannungswicklungen die Oberspannungswicklung; die drei Wicklungen sind durch Öl und Preßpapierzylinder voneinander isoliert.

Abb. 14 zeigt die drei Schenkel des SSW-Transformators in verschiedenen Stufen der Fertigstellung; der mittlere Schenkel trägt bereits Unterspannungsspulen.

Transformatorbeförderung. Das Bayernwerk hat sich zum Transport seiner Großtransformatoren zwei besondere Transportwagen, sogenannte Tiefgangwagen, Abb. 15, bauen lassen, die eine Tragfähigkeit von 110 t haben. (Gewicht eines 16 000 kVA-Transformators 95 t, eines 6000 kVA-Transformators 70 t.) Die Last wird auf 12 Achsen verteilt, von denen je 6 an den Enden des Wagens zu einem Drehgestell zusammengefaßt sind. Auf diesen Drehgestellen ist mit Drehzapfen eine nach unten gekröpfte Tragbrücke gelagert, auf der in 800 mm Höhe über S.-O. der Transformator ruht. Die beiden Drehgestelle teilen sich je wieder in zwei Drehgestelle zu je 3 Achsen. Die Bayernwerk - Transformatoren werden auf diesen Tiefgangwagen betriebfertig mit eingefülltem Öl geliefert; nur die 100 000 V-Durchführungsisolatoren werden während des Transportes mit Rücksicht auf das Bahnprofil herausgenommen und erst an Ort und Stelle eingesetzt.

Abb. 15. Großtransformatoren-Förderwagen der Bayernwerk-A.-G., mit 110 t Tragfähigkeit.

Abb. 20. 110 kV-Schalterraum des Umspannwerkes Würzburg.

Gesamtanordnung der Umspannwerke. Für den Aufbau war die Beachtung folgender Gesichtspunkte maßgebend:

räumliche Trennung von Hoch- und Niederspannungshaus,
Aufstellung der Transformatoren und Ölschalter im Erdgeschoß,
bequeme Zugänglichkeit aller Teile,
leichte Ausfahrbarkeit von Schaltern und Transformatoren,
Hintanhaltung einer Verqualmung im Falle von Ölschalterexplosionen,
rationelle Ölwirtschaft,
ungezwungene Einführung der 100 000 V-Leitungen,
leichte Erweiterungsmöglichkeit.

Ein wesentlicher Unterschied in der Ausführung der Umspannwerke, aber nur hinsichtlich der Gestaltung der 100 000 V-Häuser, ergab sich aus der Verwendung freistehender Ölschalter einerseits bei den Umspannwerken Nürnberg, Abb. 16 und 17, Karlsfeld, Landshut, Regensburg, Amberg, Meitingen, Bamberg und Arzberg sowie dem Einbau versenkter Ölschalter anderseits bei den Umspannwerken Würzburg, Abb. 18, Aschaffenburg und Schweinfurt.

Durch Verwendung von Gittertrennwänden statt Durowänden zwischen den Trennschaltergruppen wird in den Sammelschienenräumen größere Übersichtlichkeit erstrebt. Die 110 kV-Sammelschienen sind durch Isolatoren abgestützt; als Isolationsstoff ist nur Porzellan verwendet. Bei einigen Anlagen ist, erstmals vom Bayernwerk in Gemeinschaft mit Brown, Boveri & Cie., A.-G., das 110 kV-Schalthaus nicht nach der Zellenbauart, sondern als offene 45 m lange Halle ausgebildet worden, Abb. 19. Diese Bayernwerkbauart nimmt eine Mittelstellung zwischen Zellenschalterhaus und Freiluftaufstellung ein; sie weist die Vorteile der letzteren unter Vermeidung ihrer Nachteile auf.

Abb. 20 zeigt den Schalterraum des Umspannwerkes Würzburg. Die darüber liegenden Sammelschienen bestehen aus Kupferseil von 120 mm² Querschnitt und sind zum Verhindern des Pendelns und zum Verringern der Überschlaggefahr im Fall von Kurzschlüssen mittels Abspannisolatoren und Federn gespannt.

Schutzeinrichtungen gegen Störungen.

1. Zur Einschränkung der zahlreichen Ausdehnung der Störungswirkung galt es

aufgetretene Störungen zuverlässig anzuzeigen,
Verfahren zur raschen Auffindung des Fehlortes auszuarbeiten,
den Störungsdienst entsprechend zu organisieren.

Abb. 16 und 17. Umspannwerk Nürnberg. Schnitt und Grundriß.

a Betätigungsraum
b Blindleistungsmaschinen, 2 × 8000 kVA
c Transformatorenzellen
d Kühlanlagen für Transformatoren
e Werkstatt
f Oelschalter für Transformatoren
g Erdschlußspule
h Sammelschienen-Kuppelschalter
i Freileitungsschalter Richtung Bamberg
k „ „ Würzburg
m „ „ Meitingen
n „ „ Amberg
l Aushilfsräume
o Unterspannungshaus
p Drosselspulen für 110 kV
q Trennschalter für 110 kV
r Oelsammelrohre für Schalteröl
s Oelsammelrohr für Transformatorenöl.

Die erste Aufgabe war z. B. gestellt durch die Notwendigkeit, einen auftretenden Erdschluß zuverlässig anzuzeigen. Zu diesem Zwecke sind die meisten Umspannwerke mit den üblichen Erdschlußprüfern mittels Spannungsmessern ausgerüstet.

Der raschen Auffindbarkeit eines Fehlerortes dienen Trennschaltermaste auf den Leitungsstrecken zwischen je zwei Umspannwerken. Zur Überwindung der Schwierigkeit, die Fehlerstelle aufzufinden, wenn etwa infolge schadhafter Isolatoren ein schleichender Erdschluß aufgetreten ist, hat die Bayernwerk-A.-G. zusammen mit der Firma „Telefunken", Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. in Berlin, Versuche zur Erprobung eines gemeinsam mit der genannten Firma ausgearbeiteten Verfahrens unternommen, den Fehlerort durch Messung zu finden.

Das Verfahren beruht auf der Tatsache, daß bei Funkenübergang an schadhaften Isolatoren die Leitung in gedämpften Eigenschwingungen erregt wird; die entstehende Schwingungsenergie nimmt mit wachsender Entfernung vom Fehlerort ab. Durch Messung der Energie an den Enden der fehlerhaften Leitung mittels Röhren-Spannungsmesser wird der Fehlerort ermittelt. Zurzeit sind die Versuche noch nicht völlig abgeschlossen.

2. Einschränkung der räumlichen Ausdehnung. Die Aufgabe, den Störungsherd örtlich zu begrenzen, ist gestellt beim Schutz der Leitungen gegen Überstrom, Kurzschluß und Erdschluß, der Sammelschienen gegen Kurzschluß und der Transformatoren gegen die in ihren Wicklungen auftretenden Schäden. Das Bayernwerk hat eine von der AEG und den SSW gemeinschaftlich ausgearbeitete, vereinigte Selektiv-Schutzeinrichtung eingebaut.

Die diesbezüglich gestellte Aufgabe war im Falle des Bayernwerkes um so schwieriger, als zum großen Teil die Leitungen zu einem Ring zusammengeschlossen sind. Im Ring erhält aber jede Fehlerstelle von beiden Seiten Strom, weshalb die normalen Überstromrelais mit einfacher Staffelung nicht verwendbar sind. Vielmehr werden Relais erforderlich, die auf die Energierichtung ansprechen, sogenannte wattmetrische Relais. Die Relais werden aber nicht unmittelbar zum Auslösen der Schalter verwendet; denn sie würden bei schweren Kurzschlüssen mit starkem Spannungsabfall versagen, überdies könnten sie als einpolige Geräte bei großer Phasenverschiebung zwischen Fehlerstrom und Spannung verkehrt ausschlagen. Die Energierichtungsrelais dienen daher nur zum Verriegeln der Ölschalterauslöser. Bei der Energierichtung: Leitung-Sammelschienen, können die Überstromrelais die Ölschalterauslöser nicht zum Betätigen bringen. Fließt dagegen Fehlerenergie von den Sammelschienen in die Leitungen, so läßt das Richtungsrelais die Auslöser frei und diese können von den Überstromrelais betätigt werden.

Abb. 18. Umspannwerk Würzburg. Schnitt durch Hochspannungshaus, Kühlraum und Transformatorenhaus.

a Freileitungseinführung
b Freileitungs-Trennschalter mit Erdungstrennschalter
c Ölschalter mit versenktem Ölkübel und Entlüftungsrohr (Nennspannung 110 kV, Prüfspannung 250 kV, Schaltleistung 1,5 Millionen kVA je Schaltergruppe)
d Fernantriebschrank
e Sammelschienen-Trennschalter
f Gespannte Doppelsammelschienen
g Drosselspule
h Wanddurchführung
i Transformator 6000 kVA, 110/20 kV
k Oelpumpe
l Oelkühler
m Oelsammelrohr für Schalteröl.

Die Überstromrelais arbeiten mit vom Strom abhängiger Verzögerung, die, von Karlsfeld bei München, dem Haupteisenpunkt, ausgehend, gegenläufig gestaffelt wird. Damit wird erreicht, daß von allen den Strom zum Fehler hinführenden Schaltern die dem Fehler zunächst liegenden die kürzeste Auslösezeit haben, Abb. 21 und 22.

Zum Abschalten einer infolge Erdschlusses schadhaften Leitungsstrecke dienen nach dem Wattmeterprinzip geschaltete Erdschlußrelais. Die Stromspulen dieser Relais sind an die nach Stromsumme geschalteten Sekundärwicklungen der Stromwandler der drei Phasen gelegt, die Spannungsspulen an die Nullpunktspannung gegen Erde. Die aussondernde Wirkung im Netz wird durch unabhängig verzögerte Zeitrelais in gegenläufiger Staffelung erreicht.

Zum Verhüten von Schäden durch Sammelschienenkurzschluß dienen Überstromrelais, die an die in Differen-

Abb. 19. Sammelschienenraum im 110 kV-Haus Karlsfeld.
(Inneneinrichtung, geliefert von den Bergmann-Elektrizitäts-Werken.)

Abb. 21. Für Kurzschluß.

Abb. 22. Für Erdschluß.

Abb. 21 und 22. Selektivschutz des Bayernwerkes. Zeitstaffelung in Sekunden.

Abb. 26. Kennzahlen der Bayernwerkschalter. Zweistellige Zahlen für die Leitungsschalter; dreistellige Zahlen für die übrigen Schalter. Eine Ausnahme bildet das Umspannwerk Nürnberg, für dessen Leitungsschalter eine Dekade nicht ausreicht; sie werden daher von 1 bis 13 gezählt.

tialschaltung miteinander verbundenen Sekundärwicklungen sämtlicher Stromwandler der zum und vom Umspannwerk führenden Leitungen angeschlossen sind; im Fall eines Sammelschienenkurzschlusses sprechen sie an und lösen sämtliche Schalter des Umspannwerkes aus. Auf demselben Grundsatz beruht der Schutz der Transformatoren.

3. Einschränkung der Stärke der Wirkung ist im Falle des Erdschlusses möglich. Beim Bayernwerk erreicht der Erdschlußstrom im ersten Ausbau, Abb. 2, die Größe von 275 A. Um die Wirkung des Erdschlusses abzuschwächen, hat das Bayernwerk Erdschlußspulen nach Prof. Petersen, Darmstadt, eingebaut. Diese Spulen, Abb. 23, sind zwischen Erde und den oberspannungsseitigen Nullpunkten der Transformatoren geschaltet und erzeugen einen dem (voreilenden) Erdschlußstrom ungefähr gleichen, jedoch um 180° nacheilenden Ausgleichstrom. Der Erdschlußstrom wird bis auf wenige (5 bis 10) Hundertteile ausgeglichen; die Wirkkomponente des Reststromes gestattet die Betätigung der vorbesprochenen Erdschlußrelais.

Im Bayernwerknetz sind sechs Erdschlußspulen aufgestellt, und zwar je eine Spule in

Kochel	für 5090	kVA	(80 A)
München	„ 2860	„	(45 „)
Landshut	„ 5090	„	
Arzberg	„ 2860	„	
Nürnberg	„ 5090	„	
Aschaffenburg . .	„ 2860	„	

Zur feineren Einstellung im Betrieb dienen Anzapfungen über dem Deckel, die bei den 80 Amp.-Spulen für 75,70 und 65 A und bei den 45 Amp.-Spulen für 40 und 35 A eingerichtet sind. Die Erdschlußspulen gestatten im Falle des Erdschlusses einer Phase zwei Stunden lang die Fortführung des Betriebes unter voller Last. Diese Zeit wird im allgemeinen ausreichen, um die Fehlerstelle festzustellen und Vorbereitungen zum Beseitigen des Fehlers zu treffen.

Betriebsorganisation.

Bezirksleitungen. Das Bayernwerk ist in vier Betriebsbezirke geteilt, die Bezirksleitungen mit dem Sitz in Karlsfeld, Würzburg, Nürnberg und Amberg unterstellt sind. Aufgabe der Bezirksleitungen ist die betriebfähige Instandhaltung und im Störungsfall Wiederinstandsetzung der Leitungen sowie der elektrischen und maschinellen Einrichtungen der Umspannwerke. Jede Bezirksleitung verfügt über eine ortbewegliche Hochfrequenz-Telephonanlage, um in Störungsfällen von der freien Strecke aus mit den Umspannwerken in Verkehr treten zu können.

Die Zentralverteilstelle mit ihrem Sitz in Karlsfeld ist das Hauptorgan der Betriebführung im engeren Sinne. Sie hat folgende Aufgaben:

1. Anordnung und Aufzeichnung jeder im Bayernwerknetz vorzunehmenden Schaltung; hierzu sind folgende Hilfsmittel erforderlich:
   a) Fernsprecheinrichtungen,
   b) Festlegung und Zusammenstellung klarer, knapper Betriebsbezeichnungen,
   c) ständige genaue Übersicht über den gesamten jeweiligen Schaltungszustand der Bayernwerkanlagen;
2. den jeweiligen Bedürfnissen entsprechender Einsatz der dem Bayernwerk zur Verfügung stehenden Kraftwerke auf Grund eines Energiewirtschaftsplanes, der durch die wirtschaftliche Abteilung der Hauptverwaltung des Bayernwerkes für längere Zeitabschnitte ausgearbeitet wird;
3. die Spannungsregelung und im Zusammenhang damit die Regelung des Wirk- und Blindstromflusses nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten;
4. die Betriebsvermittlung zwischen dem Bayernwerk und seinen Abnehmern bzw. seinen Energielieferern;
5. dauernde Aufzeichnung und Festhaltung des Energieflusses und sämtlicher sonstigen Betriebvorgänge;
6. Aufruf und Unterweisung der Störungskolonnen.

1a) Fernsprech-Einrichtungen. Das Bayernwerk verfügt über zwei eigene voneinander unabhängige Sprechanlagen: eine von der Reichspostverwaltung hergestellte Draht-Fernsprechanlage, Abb. 24, und eine von „Telefunken“ eingerichtete Hochfrequenz-Fernsprechanlage, Abb. 25.

Von den zur Verfügung stehenden Hochfrequenz-Fernsprechsystemen: Raumtelephonie oder leitungsgerichtete Telephonie fiel die Wahl auf letztere, da die für Raumtelephonie geeigneten Wellenlängen bereits für andre Zwecke besetzt sind, ferner Störungsmöglichkeit durch Dritte vorliegt, kostspielige Sende- und Empfangseinrichtungen und zum Betrieb große Energiemengen erforderlich sind. Wenn auch die leitungsgerichtete Telephonie, bei der mittels Kathodenröhren erzeugte ungedämpfte Schwingungen von etwa 300 000 Per./s durch Kondensatoren auf die 110 000 V-Leitungen übertragen und dem Starkstrom von 50 Per./s übergelagert werden, den Nachteil hat, daß bisher nur Sprechverkehr über eine Station hinweg praktisch erprobt ist, so hat dieses System doch vor allem den Vorteil, daß man dabei nur geringe Energiemengen und kleine Sendeanlagen braucht.

Abb. 24. Drahtfernsprechanlage.

a Doppellader des Europa-Fernkabels der Reichspost. Die nicht durch dieses Kabel verbundenen Umspannwerke sind durch auf Reichspostgestänge verlegte eigene Drahleitungen des Bayernwerkes verbunden.
b Übertrager zur Verbindung des Fernkabels München-Nürnberg mit den Untersprechstellen des Hochfrequenz-Sprechbezirkes Nürnberg.
c Hauptverteilstelle Karlsfeld.
d Direktion in München.

Abb. 25. Hochfrequenz-Sprechanlage.
——— Sprechbezirk München.
– – – Sprechbezirk Nürnberg.

Abb. 24 und **25.** Fernsprechanlagen des Bayernwerkes.

Abb. 23. Eisenkern einer Erdungsdrosselspule nach Petersen für 2750 kVA, $\frac{110}{\sqrt{3}}$ kV.

Die Schenkel sind wagerecht in eine große Zahl durch isolierende Zwischenlagen getrennter Pakete geteilt.

Hierdurch gestaltet sich der Betrieb billig, und Störungen anderer Hochfrequenzanlagen werden vermieden. Allerdings mußte man sich darauf beschränken, zwei Sprechbezirke mit den Hauptsprechstellen München und Nürnberg einzurichten. Von diesen aus geht Radial-Sprechverkehr nach den zugeordneten Unterwerken.

1 b) Betriebsbezeichnungen, Abb. 26. Um bei Übermittlung der Schaltbefehle Verwechslungen auszuschließen und die Verständigung klar und knapp zu gestalten, wurde jeder Station eine Kennzahl zugeteilt. Unter Verwendung dieser Zahl werden die Leitungsschalter durch zweistellige, die übrigen Schalter durch dreistellige Zahlen bezeichnet.

Eine Ausnahme bildet das Umspannwerk Nürnberg, für dessen Leitungsschalter 10 Ziffern nicht ausreichten; sie werden daher von 1 an (bis 13) gezählt. Die Bezifferung der Schalter erfolgt in sämtlichen Umspannwerken von links nach rechts, entsprechend der tatsächlichen Aufstellung im Werk und unter Berücksichtigung des weiteren Ausbauplanes.

1 c) Übersicht über den jeweiligen Schaltungszustand. Die Zentralverteilstelle verfügt über eine Glas-Schaltbildtafel, auf der sämtliche Leitungen, Schalter, Sammelschienen, Transformatoren und die das Bayernwerk speisenden Kraftwerk-Stromerzeuger schematisch dargestellt und entsprechend 1 b) bezeichnet sind, Abb. 27; auf dieser Tafel wird der jeweilige Schaltzustand durch Lichtsignale gekennzeichnet, die von einem Schaltpunkt aus durch den diensthabenden Ingenieur geschaltet werden. 2000 Signallampen bedecken ein 3 m hohes und 6 m langes Feld. Bei jeder Schaltung laufen Schaltbefehl, Rückmeldung und Schaltung auf dem Lichtschaltbild parallel.

3. Gegenüber den durch Richtungs- und Stärkeänderung des Wirk- und Blindstromflusses an den verschiedenen Netzpunkten verursachten Spannungsschwankungen ist Gleichhaltung der Spannung an den einzelnen Abgabestellen anzustreben, bzw. das Bayernwerk muß darüber hinaus den Bedürfnissen der Abnehmer dahin entgegenkommen, daß in Zeiten schwacher Belastung, also z. B. in den Nachtstunden, die Spannung entsprechend vermindert wird.

Abb. 28 stellt den Spannungsverlauf im Bayernwerknetz dar. Der Ring ist in Nürnberg aufgeschnitten gedacht und längenähnlich nach rechts abgerollt. An den Ring schließen sich die westlichen und östlichen Stichleitungen an. Die Speisemöglichkeiten sind gekennzeichnet. Die Klammern stellen den Regelbereich und die Stufen der Zusatztransformatoren dar. Das Netz ist auf Gleichhaltung der Spannung in Nürnberg berechnet, daher sind für Nürnberg keine Zusatztransformatoren vorgesehen.

Zur Formgleichhaltung der dargestellten, für mittlere Verhältnisse berechneten Spannungscharakteristik verfügt das Bayernwerk über drei Mittel:

a) Änderung der Transformatorenübersetzungen durch entsprechende Schaltung der Zusatztransformatoren,
b) entsprechende Verteilung der Stromzufuhr, also Beeinflussung des Wirkstromflusses,

Abb. 27. Hauptverteilstelle Karlsfeld mit Lichtschaltbildtafel und Betriebführungsschaltpult.

Abb. 28. Spannungsverlauf des Bayernwerknetzes.

a) Spannungsverlauf in der 110 kV-Leitung:
a_1 bei Betrieb ohne Blindstrommaschine
a_2 „ „ mit einer „
a_3 „ „ mit zwei Blindstrommaschinen
} bei höchster Tagesbelastung $N_1 = 80000$ kW.

b) Spannungsverlauf in der 110 kV-Leitung:
x 10 vH Spannungsabsenkung bei Nacht
y zusätzlicher Spannungsabfall im Transformator
z dem Abnehmer bereitgestellte Spannung, umgerechn. auf die Hochsp.
} bei $N_2 = 25000$ kW Nachtbelastung.

Abb. 30. Leistungsmessung durch Hochspannungs-Kondensatoren (vereinfachtes Schaltbild).
a Wirkleistung b Blindleistung.

c) Regelung des Blindstromflusses („Phasenschieben") durch zunächst zwei, später drei im Umspannwerk Nürnberg aufgestellte Blindstrommaschinen.

Die Zusatztransformatoren sind unter Last nicht umschaltbar. Trotzdem ist es möglich, in Zeiten schwacher Belastung, wenn nur ein Transformator eines Umspannwerkes in Betrieb ist, den zweiten Transformator auf die erforderliche Spannungsübersetzung einzustellen und auf diese Weise ohne Stromunterbrechung auf die andre Stufe überzugehen.

Der Wirkstromzufluß wird hauptsächlich dadurch geregelt, daß der Strom aus der Mittleren Isar auf verschiedene Weise über Karlsfeld oder Landshut in das Netz eingeleitet wird. Der Einsatz der Nürnberger Blindstrommaschinen dient in erster Linie zur Feinregelung. Immerhin können durch dieses Mittel Spannungsänderungen bis zu etwa 7 vH bewirkt werden. Durch die Blindstromregelung läßt sich die Spannung im Ring trotz Abnahmeschwankungen gleichhalten. Der Blindstrom ist möglichst nahe am Verbrauchsorte bereitzustellen, damit das Leitungsnetz von der Übertragung entlastet wird (wirtschaftliche Gestaltung des Blindstromflusses).

5. Abb. 29 zeigt ein Betriebführungsdiagramm, in dem die Hauptverteilstelle Karlsfeld alle Betriebvorgänge: Krafterzeugung, Kraftvorhaltung und Leitungsbelastung verzeichnet; ferner lassen sich aus dem Schaubild ohne Rechnung die erforderlichen Maßnahmen zum Einstellen bestimmter Spannungen sowie der dabei möglichen wirtschaftlichen Übertragung ablesen.

Die Leistungsfähigkeit der Stromerzeuger ist in kVA,

Abb. 29. Betriebsführungs-Schaubild der Hauptverteilstelle Karlsfeld (nach Dr. Lommel).

A Abgabe
O Stromerzeuger
⊐ Turbinen
W Wirkleistung
MW Wirkleistung in Megawattt
B Blindleistung
BMW Blindleistung in Megawatt
ZM Zuflußmeldung
S Spiegel
GS Grenzspiegel (Grenze der Absenkung).
C Dampfverbrauchzahl

die der Turbinen in kW eingetragen (Steilschrift). In den Seitenspalten (Schrägschrift) wird die jeweilige Belastung eingetragen. Für Speicherkraftwerke (Walchensee) ist ein Zufluß- und ein Speicherdiagramm vorgesehen; im Zuflußdiagramm steht der m^3/s-Teilung eine entsprechende *MW*-Teilung (Megawatt) gegenüber, so daß sofort ersichtlich ist, ob jeweils mit Speicherung oder Entspeicherung gearbeitet wird. Bei Flußkraftwerken (Mittlere Isar) kommt nur ein Zuflußdiagramm in Frage. Bei Dampfkraftwerken ist unter Zugrundelegung eines mittleren Dampfverbrauches (z. B. 6,4 kg/kWh) die Leistungsfähigkeit der einzelnen Kessel in *MW* angegeben. (Aus dem Vergleich der Dampfleistungen und Turbinenleistungen ergibt sich nebenbei die Dampfverbrauchzahl C.)

Zwischen den Speise- und Abnahmepunkten sind die Leitungsdiagramme zerlegt in Wirkleistungsbilder (*W*) und Blindleistungsbilder (*B*) mit je einer Nullinie (strichpunktiert). Darin werden die hochspannungsseitig unmittelbar abgelesenen (s. Abb. 30) Wirk- und Blindleistungen eingetragen. Da der Spannungsabfall einer Leitungsstrecke $\triangle E \cong J_w r + J_B \omega L$ ist, werden die einzelnen Strecken des Wirkstrombildes mit Ohmschen Spannungsteilungen, diejenigen des Blindstrombildes mit Induktivspannungsteilungen versehen; sie werden unter Berücksichtigung der Leistungsteilung hergestellt.

Der diensthabende Ingenieur kann dem Diagramm unmittelbar entnehmen, welche Spannungsänderungen auf allen Strecken durch Änderung einer Wirk- oder Blindleistung entstehen. Die beste Blindleistungsverteilung zeigt sich dadurch an, daß die von Blindleistungslinie und Blindleistungs-Nullinie eingeschlossene Induktivleistungsfläche gleich der eingeschlossenen Kapazitivleistungsfläche ist. Ferner sind alle Stationsspannungen und Streckenschaltungen festgehalten; zum Einzeichnen von Störungspunkten sind die Strecken längenähnlich eingezeichnet.

Zur unmittelbaren Wirk- und Blindleistungsmessung bei Hochspannung verwendet das Bayernwerk kurzschlußsichere Wandler, Abb. 30, wobei als Spannungsglied der der Spannung verhältnisgleiche Kondensatorstrom der Durchführungen benutzt wird.

Aussichten auf Entwicklung zur 220 000 V-Übertragung

Zwecks weitgehender Ausnutzung der bestehenden Kraftwerkanlagen: der Wasserkraftwerke Süddeutschlands wie der Wärmekraftanlagen Nordwest- und Mitteldeutschlands wird es erforderlich sein, immer größere Energiewirtschaftsgebiete miteinander zu verbinden. In verhältnismäßig kleinem Maßstabe wird sich dies durch Zusammenschluß der bestehenden großen 100 000 V-Netze, Abb. 1, mittels einfacher Kupplungsleitungen erzielen lassen; zur vollkommenen Durchführung der angedeuteten Maßnahme wird es aber erforderlich sein, diesen 100 000 V-Netzen ein zur Übertragung großer Leistungen auf weite Entfernungen geeignetes Netz höherer Spannung zu überlagern.

Für Deutschland ist als solche Höchstspannung die von 220 000 V als die geeignete zu bezeichnen. Technische Schwierigkeiten werden der Durchführung dieses Gedankens nicht im Wege stehen; die deutsche elektrotechnische Industrie ist auf diese neuen Aufgaben vorbereitet und ihnen gewachsen. Stand daher das verflossene Jahrzehnt unter dem Zeichen der Ausbildung von Landes- und Provinz-Versorgungsgebieten mit 110 000 V-Netzen, so ist für das kommende Jahrzehnt die Entstehung eines deutschen Zwischenländernetzes mit einer Übertragungsspannung von 220 000 V zu erwarten. [B 904]

---

28. Hauptversammlung des Deutschen Betonvereins

am 23. bis 25. Februar 1925 in Berlin.

Bauausführungen.

Die allgemeinen Fortschritte und die Bedeutung des Beton- und Eisenbetonbaues spiegeln sich in den ausgezeichneten Darstellungen einiger Großbauten: Talsperren und Kanalbauten. Besonders die erstgenannten boten ein klares Bild der neuzeitlichen Ausstattung und Betriebseinrichtungen maschineller Art großer Bauplätze. Die von Ph. Holzmann, A.-G., Niederlassung Halle a. S., ausgeführte Talsperre bei Muldenberg im oberen sächsischen Vogtlande wurde von ihrem Leiter, Dr.-Ing. Arndt, in Wort und Bild vorgeführt. Diese in erster Linie der Wasserversorgung der unterhalb liegenden Industriestädte dienende Mauer ist im lehrreichen Gegensatz zu der weiter unten besprochenen völlig in Bruchsteinmauerwerk ausgeführt und zeichnet sich durch ihre große Länge von 480 m bei 20 bis 25 m Höhe und schwierige Grundbauten aus. Hier war die Bewältigung der großen Massen durch bestens durchgearbeiteten Baubetrieb angestrebt. Steine und Mörtel wurden durch vollständig getrennte Gleisanlagen entsprechend der großen Länge der Mauer und Flachheit der Hänge und durch Turmdrehkrane den Verwendungsstellen zugeführt. Das Mörtelwerk arbeitet vollständig selbsttätig. Zement, Traß und Sand, in Silos aufgehäuft, werden selbsttätig abgezapft und in bestimmten, dem Mischungsverhältnis entsprechenden Mengen durch Muldenkipper zu den Maschinen gebracht. Für die Wahl des Bruchsteinmauerwerks war der in der Nähe der Baustelle gewonnene Stoff, besonders aber die Beschäftigungsmöglichkeit von Arbeitslosen ausschlaggebend, und während der Inflationszeit erschien die Benutzung nur vorhandener Geräte, Rüstungen und Maschinen geboten.

Im Gegensatz hierzu zeigt die von der Siemens-Bauunion, Berlin, später ausgeführte Schwarzenbach-Talsperre[1]) eine Bauweise aus Gußbeton mit Felsblockeinlagen und mit Granitverblendung. Dr.-Ing. Enzweiler berichtete über dieses 65 m hohe und 400 m lange Bauwerk, das aus der Murg für das Badenwerk Betriebswasser mit 360 m Druckhöhe liefern soll. In Bruchsteinmauerwerk hätte die Bauzeit vier Jahre in Anspruch genommen; das gewählte Gußbeton-Bauverfahren braucht nur zwei Jahre. Außer der Zeitersparnis wird die Kohlenersparnis und besonders die Unabhängigkeit von gelernten Maurern für die gewählte Bauart ins Feld geführt. Da die Höchstpressung im Mauerwerk nur 13 bis 16 kg/cm² beträgt, ist eine Mischung zu folgenden Teilen gewählt: 1 Zement, ½ Kalk, 1 Traß, 7 Sand und 10½ Schotter bzw. 5 Sand und 7½ Schotter. Die Mauer ist trotz bogenförmigen Grundrisses reichlich mit Dehnungsfugen und besonderer Dichtung ausgeführt. Der Vortrag wurde durch wohlgelungene Filmvorführungen belebt, die die Fördervorgänge und die Einzelheiten im Mahl- und Brechhause, die Mischung und Abzapfung der Bindemittel klarlegten. Von den 290 000 m³ Beton ist seit April 1924 bereits die Hälfte eingebaut, so daß die zweijährige Bauzeit als gesichert gelten kann.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 718 u. 737.

Der große Wert der beiden vorgenannten Vorträge liegt in der wirtschaftlichen Betriebsweise und Bewältigung großer Massen. Über die Bauten für die Kanalisierung des Neckars zwischen Mannheim und Plochingen gab Strombaudirektor Konz, Stuttgart, ein anschauliches Bild. Die Neckarkanalisierung ist für 1200 t-Rheinschiffe bemessen, die künftig von Mannheim bei + 80 m NN aus bis Plochingen auf + 260 m NN über 26 Staustufen von je 7,5 km mittlerer Länge und 3 bis 11,10 m Höhe verkehren sollen. Die Wasserkräfte werden derart ausgenutzt, daß 58 000 PS im Jahresmittel gewonnen werden, wodurch die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens gesichert ist. Mit Rücksicht auf die allmähliche Bereitstellung der Baukosten ist eine zwölfjährige Bauzeit vorgesehen. Die dringlichsten und wirtschaftlichsten Staustufen sind zunächst in Angriff genommen. So sind zwischen Mannheim und Wieblingen und stromauf von Neckarsulm die Arbeiten im Gange. Auch die Strecken Horkheim und Obereßlingen kommen für die Kraftgewinnung zunächst in Betracht. Die Wasserkräfte bei Untertürkheim werden schon seit längerem durch die Stadt Stuttgart ausgenutzt. In der unteren Haltung sind verschiedene Bauten vollendet, so die Kanalböschungen aus Beton, eine Dreigelenkbogenbrücke, deren Betongelenke mit hochwertigem Zement ausgeführt sind, ferner ein 4,5 km langer Seitenkanal bei Wieblingen und ein unterhalb Heidelberg liegendes Wehr von 150 m Länge, das sechs Öffnungen enthält, darunter vier für Walzen von 3,9 bis 5,5 m Dmr. Die Betonböschungen werden ganz mit Maschinen hergestellt. Weiter sind eine große Schleuse und ein Kraftwerk sowie die Hebung der eisernen Überbauten einer Eisenbahnbrücke unterhalb Heidelbergs ausgeführt. Besonders sorgfältig wird die Gestaltung der Staustufe in Heidelberg mit Rücksicht auf die Furcht, das Stadtbild Heidelbergs zu benachteiligen, vorbereitet. Der Vortragende zeigte verschiedene Modelle im Lichtbild, welche die Rücksichtnahme auf die künstlerischen Anforderungen klarlegen. Die Brücken in Heidelberg bleiben unverändert. Für die architektonische Gestaltung der einzelnen Bauwerke steht ein öffentlicher Wettbewerb noch bevor.

Baukonstruktionen.

Fortschritte in konstruktiver Richtung bot der Vortrag des Oberingenieurs Dischinger über den Bau massiver Kuppeln. Halbkugelförmige Kuppeln werden durch ein leich-

tes Eisen-Netzwerk hergestellt, dessen Stäbe Dreiecke bilden und in den Knotenpunkten durch einfache Schlösser miteinander verbunden sind. Dieses Gerippe wird ohne Verwendung von Gerüsten und Schalung durch Torkret-Verfahren mit Beton umhüllt, nachdem das Netzwerk durch Drahtgewebe überzogen und durch bewegliche Schalungstafeln abgeschlossen ist. Eine Kuppel mit 28 m Halbmesser ist nach diesem Verfahren unter Anwendung hochwertigen Zementes in drei Wochen hergestellt worden. Aus einer Zusammenstellung verschiedenartiger bisher ausgeführter Kuppelbauten ist zu erkennen, daß sich derartige Kuppeln erheblich leichter als solche in gewöhnlicher Eisenbeton-Bauweise herstellen lassen und daß sich Kuppeln mit erheblich größeren Spannweiten zweckmäßig durchführen lassen.

Auch die Ausführung von Silobauten unter Verwendung hochwertigen Portlandzementes, die Dr.-Ing. Hielmann, i. Fa. Wickingsche Portlandzement und Wasserkalkwerke, Münster i. W., vorführte, zeigte namentlich in bezug auf Herstellungsdauer und Ersatz umfangreicher Schalungen durch rüstungshohe Ringtafeln, die schon nach einem Tag entfernt und zu einem höheren Ring wieder verwendet worden sind, erhebliche Fortschritte und Zeitgewinn.

Statisches.

Der Vortrag von Dipl.-Ing. Burckas über Spannungsmessungen an Pilzdecken eines im Jahre 1922 fertiggestellten Lagerhauses in Rotterdam war vom Gesichtspunkte der Statik wertvoll; die Untersuchungen werden von Prof. Dr. Probst in Karlsruhe ausgeführt und ausgewertet. In den wichtigsten Punkten bei verschiedenen Belastungsstufen sind die Dehnungen gemessen und hieraus die Spannungen und Biegungsmomente abgeleitet. Es ergaben sich bei den M_g-Werten gute Übereinstimmung mit den nach Lewe und nach Markus errechneten Biegungsmomenten, bei den M_p-Werten ergaben sich größere Rechnungswerte als Versuchswerte; dies hat wohl daran gelegen, daß die Versteifungen der Stützenköpfe in der Rechnung nicht scharf durchgeführt worden sind.

Auf ein bislang statisch sehr wenig behandeltes Gebiet führte ein vortrefflicher Vortrag von Dr.-Ing. Mautner, Düsseldorf. Er behandelte Festigkeits- und bautechnische Fragen im Bergbau, insbesondere Schachtausbauten in stark Wasser führendem Deckgebirge, und Sicherheit des Schachtausbaues mit Rücksicht auf die Bauvorgänge. Im Schwimmsand und im mürben Sandstein des linken Niederrheins wird das Gefrierverfahren für das Abteufen tiefer Schächte angewendet. Der Schachtausbau muß gleichmäßigem Wasser- und Gebirgsdruck, und ungleichförmigem Druck durch den Abbau gewachsen sein; er muß zugleich wasserdicht sein und Sicherheit gegen Durchbrechen von Sand bieten. Infolgedessen wird die Auskleidung wagerechter Biegung, Knickung und Verdrehung ausgesetzt. Auch treten Temperaturspannungen beim Auftauen und Wiedererfrieren der Bohrlöcher auf. Gegen alle diese Angriffe bietet der Eisenbeton ein hervorragendes Mittel zur Verstärkung der gußeisernen Schachtauskleidung. Hierzu sind mit großer Sorgfalt Versuche für die erforderlichen Eigenschaften des Betons durch das Materialprüfungsamt in Stuttgart durchgeführt worden, besonders in bezug auf Frostfestigkeiten nach verschiedenen Auftauperioden. Der Vortragende erläuterte derartige Eisenbeton-Verstärkungen einer Auskleidung für den tiefsten bisher in Deutschland ausgeführten Gefrierschacht. Daran anschließend führte er auch noch die Sicherung eines der größten bislang ausgeführten Gasmaschinenfundamentes gegen die Einwirkungen des Bergbaues vor. Die Gründung ist als Eisenbetonbalken von 60 m Länge mit zwei Flächenlagern durchgebildet und biegungs- und dehnungsfest hergestellt. Eine besonders kräftige Bewehrung dient zur Erhöhung der Drehungsfestigkeit im Falle schräger Angriffe der Bruchfuge. Der Vortrag zeigte das Eindringen des Eisenbetons in den Bergbau auf Grund wissenschaftlicher Schätzung der angreifenden Kräfte unter Tage.

In der diesjährigen Tagung kam der Brückenbau nur durch einen Bericht von Geh.-Rat Prof. Möller, Braunschweig, über den Einsturz einer Betonbogenbrücke in Flensburg zu Worte. Die Betongewölbe[1]) von 33 und 38 m Spannweite sind eingestürzt, weil man bei der Ausschalung die Stützen unterhalb der Scheitelgelenke hat stehen lassen. In der lebhaften Erörterung wurde fast einhellig bestätigt, daß dies ein grober Fehler sei, worauf ich bereits in der „Bautechnik"[2]) hingewiesen habe. Verwunderlich ist nur, daß das zum Einsturz führende Verfahren als „neues Verfahre" entschuldigt wird. In dieser Zeitschrift[3]) habe ich die Ausrüstung der Eisenbetonbögen einer von mir 1913 erbauten Brücke eingehend dargestellt. Wäre das bewährte Verfahren auch in Flensburg angewandt, so wäre der Unfall sicher vermieden worden. Jedenfalls kann eine Überlegenheit der Eisenbetonbauweise gegenüber Ausführungen von Brückengewölben ohne Eiseneinlagen aus dem Grunde, daß eine Brücke in Finnland kurz nach der Herstellung und Entfernung der Lehrgerüste nicht eingestürzt sei, nicht ohne weiteres gefolgert werden.

[1]) Vergl. „Die Bautechnik" Bd. 2 (1924) S. 524.
[2]) Vergl. „Die Bautechnik" Bd. 2 (1924) S. 530.

Chemisches.

Lehrreicher waren die Zerstörungen chemischer Art, auf die Vertreter der Badischen Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen, hinwiesen. Zunächst stellte Prof. Mohr die Einwirkungen von Ammonsalzlösungen und verdünnten Säuren auf Beton dar. Mit verschiedenen Zementproben und Mischungen mit und ohne Traß sind Versuche von ihm ausgeführt, die schon nach kurzer Zeit zeigten, daß die Ammonsalze, deren Säure mit Kalk lösliche Salze zu bilden vermag, zerstörend wirken, besonders bei fortlaufender Einwirkung; ebenso zerstörend bewiesen sich auch die verdünnten Säuren. Äußere Schutzanstriche wirken nur verzögernd. Hier muß die Zementindustrie eingreifen und widerstandfähigere Zemente schaffen. Ober-Ingenieur Göbel wies auf ein Vorbeugungsmittel hin, den Beton durch säurefeste Materialien zu schützen, was natürlich besonderer Sorgfalt in den Fugen bedarf und schnelle Abführung der eingedrungenen schädlichen Flüssigkeiten voraussetzt. Auch gegen das in solchen Fällen verseuchte Grundwasser sei ein Schutz erforderlich, etwa durch einsteinstarke Ziegelmauern in einem Abstand von 50 cm von der Betonkonstruktion; der Zwischenraum ist mit Lehmschlag zu füllen. Vielleicht macht der Schmelzzement den Beton gegen sulfathaltige Flüssigkeiten widerstandfähiger. Die Zementindustrie muß sich jedenfalls der Sache annehmen. Sie kann ihre verlorene Stellung im Ausland nur dadurch zurückerobern, daß sie die Widerstandfähigkeit des Zements gegen chemische Angriffe vergrößert.

Kraftfahrstraßen.

Zwei weitere Vorträge beschäftigten sich mit einem Thema, von dem sich der Betonbau eine große Zukunft verspricht, nämlich mit dem Betonstraßenbau. Die rasche Entwicklung des Kraftwagenverkehrs und die Stellungnahme der Straßenbautechnik hierzu, die Anlaß zur Gründung einer Studiengesellschaft gegeben hat, schiebt die Frage über die Gestaltung der Straßenoberfläche in den Vordergrund der neuzeitlichen Verkehrtechnik der ganzen Welt. Prof. Kleinlogel, Darmstadt, berichtet über die amerikanischen Fortschritte im Bau von Betonstraßen mit Hilfe reicher Mittel, wie sie uns in Deutschland leider auf lange Zeit nicht zur Verfügung stehen. In Amerika werden die Betonbahnen an den Straßenrändern erheblich verstärkt. Mit großer Sorgfalt und Nachbehandlung wird dort neuerdings der Betonstraßenbau gepflegt. Dr.-Ing. Petry, Oberkassel, stellte den Stand der Bauweise in Deutschland und England dar, wo sie noch sehr in den Kinderschuhen steckt. Besonders in England wird der Betonstraßenbau für die Autostraßen angewandt. Ob er in den Städten Asphalt und Holzpflaster verdrängt, ist nach meiner Ansicht sehr fraglich. Jedenfalls sind wichtige wirtschaftliche und technische Fragen ausschlaggebend. In letzterer Hinsicht bedarf es zweckmäßiger Maschinen, guter Bewehrung, richtiger Fugenanordnung und -ausbildung. Ausführung in ein- oder zweischichtiger Ausbildung, Zusammensetzung und Mischung der Zuschlagstoffe, jedenfalls einer Reihe Versuche technischer Forschung, die in der erwähnten Studiengesellschaft in Verbindung mit dem Deutschen Betonverein gemeinsam zu lösen sind. Dem ist zweifellos zuzustimmen. Nicht berührt worden ist die Frage des Wettbewerbs mit den geteerten Straßen, besonders der Innenteerung. Im Jahre 1910 und später hatte ich in Amerika und des öfteren in England und Deutschland Gelegenheit, zu beobachten, daß in Amerika die gründlichsten Studien betrieben wurden, wo großzügige Laboratorien gemeinsam die Ausführungen leiteten, während in England nach handwerksmäßigem geheim gehaltenen Verfahren gearbeitet wurde, die für andere Verkehrsgestaltung und Witterungsverhältnisse ungeeignet waren. Jedenfalls ist auch beim Studium des Betonstraßenbaues in erster Linie auf Amerika hinzuweisen.

Schließlich sei noch auf einen Bericht von Prof. Löser, Dresden, über die wesentlichen Änderungen der vom Deutschen Ausschuß für Eisenbeton bearbeiteten neuen deutschen Bestimmungen hingewiesen. Hierüber soll hier ausführlich berichtet werden, sobald die neuen Vorschriften endgültig angenommen sind. [N 259]

Karl Bernhard.

[3]) Z. Bd. 59 (1915) S. 53.

Lastkraftwagenbau in Deutschland.

Von Erwin Aders, Nürnberg.

(Schluß von S. 463.)

Neuerungen in der Gesamtanordnung.

Für die Raumaufteilung beim Lastkraftwagen oder Omnibus sind mehrere Rücksichten maßgebend: Raumbedarf für die Ladung oder den Fahrgastraum, Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen über die Raddrücke, Tragfähigkeit der gewählten bzw. marktgängigen Bereifung (namentlich bei Luftbereifung). Bei Wagen für 5 t Nutzlast hat man schon von jeher gern Vorder- und Hinterachse weit zurückgeschoben, um das zulässige Höchstgewicht von 9 t mit 3 und 6 t den Bestimmungen gemäß auf die Achsen zu verteilen. Bei großem Ladeflächenbedarf für sperrige Güter (die Zunahme von Möbelkraftwagen auf der Ausstellung 1924 und im öffentlichen Verkehr sei als auffallend erwähnt) und für Großomnibusse würde man aber trotz großem Achsstand und verminderter Wendigkeit noch einen zu großen Überhang nach hinten bekommen, eine allzugroße Rahmenlänge und doch wieder die unerwünschte Gewichtverteilung. So verlegt man, nicht ohne auf konstruktive Schwierigkeiten zu stoßen, den Sitz des Führers mit allen Betätigungsorganen neben oder über den Motor, um mit dem Nutzraum einen Meter etwa vorwärts rücken zu können, Abb. 24, 25. Abb. 26 zeigt den Omnibus von van der Zypen & Charlier, Köln-Deutz, mit 55/60 PS-Bayern-Motor und Soden-Wechselgetriebe der Zahnradfabrik Friedrichshafen. Da auch diese Maßnahme für manche Zwecke noch nicht genügt, so entschließen sich — nach amerikanischem Vorbilde — manche Konstrukteure zur Anwendung einer dritten Achse[1]).

Die Büssing-Werke z. B. verwenden zwei angetriebene, parallel nahe aneinander gelegte Hinterachsen, indem sie so auch die Lasten und Umfangskräfte gut auf die vier Treibräder verteilen. Bei Anwendung breiter Doppelbereifungen ist das nämlich wegen der Straßenwölbung nicht sicher erreichbar, wenigstens nicht bei Kardanwagen, deren Treibachsen nur unter sehr großen konstruktiven Schwierigkeiten mit „Sturz" versehen werden können. Zweifellos ist damit für die Sicherheit des Betriebes in beliebigem Gelände viel erreicht, wenn auch die Herstellungskosten hoch sind. Wo der Antrieb zweier Achsen nicht erforderlich ist, z. B. im städtischen Verkehr, kommt man wohl auch mit einer nicht angetriebenen dritten Achse aus, die, da ihre Räder nicht (des Antriebs wegen) den Treibrädern parallel zu sein brauchen, auch gelenkt (Abb. 27 und 28) oder geschleppt (Abb. 29 bis 31) werden kann. Damit entfällt zugleich die Notwendigkeit, die dritte Achse nahe an die zweite zu setzen. Sie kann nun weiter nach hinten gerückt werden, damit sie geringere Rahmenbean-

[1]) Z. Bd. 68, (1924) S. 1283.

Abb. 26. Omnibus von van der Zypen & Charlier, Deutz. Führersitz über dem Motor.

Abb. 24 und 25. Fahrgestell der NAG für Stadtomnibusse. Triebwerk schräg und tiefgelegt. Führersitz links neben dem weit vorgebauten Motor.

Abb. 27 und **28.** Fahrgestell der Vogtl. Masch.-Fabrik für Großomnibusse. Führersitz rechts neben dem Motor, 1te und 3te Achse gelenkt, mittlere Achse angetrieben.

Abb. 32. Rahmenomnibus der MAN mit niedrigem Rahmen (Studien-Ausführung).

Abb. 33. Fahrgestell für den Niederrahmenomnibus der MAN.

sprüchungen erhält. Die größte Belastungsfähigkeit hat wohl das NAG-Fahrgestell mit einer Schleppachse, die sich selber lenkt und daher hoch belastet und mit Doppelreifen versehen werden kann.

Zweifellos haben Großraumwagen ein großes Anwendungsgebiet, namentlich für Verkehr auf städtischen, guten, tragfähigen Straßen mit mäßigen und seltenen Steigungen. Die behördlichen Vorschriften sollten aber diesem deutlich erkennbar werdenden Bedürfnis angepaßt werden. Daß bei Wagen der beschriebenen Bauart die Einhaltung eines gesetzlich zugelassenen Gesamtgewichtes von 9 t nicht am Platze ist, bei einem Eigengewicht von nahezu 6 t, bedarf keiner Erklärung.

Eine besonders auffallende Tatsache war auf der Automobilausstellung das Erscheinen einer ganzen Reihe von Omnibusfahrgestellen mit niedrigem Rahmen, geringer Einsteighöhe und großem Achsstand, die im Verkehr und hinsichtlich ihrer Fahreigenschaften große Annehmlichkeiten bieten.

Abb. 29 bis **31.** Entwurf der NAG zu einem Fahrgestell für Großomnibusse. Führersitz hinter dem Motor. Erste Achse gelenkt, zweite Achse angetrieben, dritte Achse geschleppt (seitlich beweglich).

Selbstverständlich haben sich fast alle Werke bemüht, diese neue Omnibusbauart (im Gegensatz zu der gleichen amerikanischen, die unter günstigeren wirtschaftlichen Bedingungen entstanden ist!) mit vorhandenen Baugruppen (Motoren, Wechselgetrieben, Hinterachsen usw.) zu schaffen. Der Omnibus der MAN und das Fahrgestell dazu, Abb. 32 und 33, stellen einen äußersten Fall solcher Bemühungen dar. Daimler zeigt einen Mittelweg, Abb. 34. Es bedarf keiner besonderen Erklärung, daß so außerordentlich niedrig gebaute Fahrzeuge nicht für alle Straßenverhältnisse passen, sondern im allgemeinen nur auf den für sie vorgesehenen Strecken verkehren können. Der Bodenabstand ist zu gering gehalten. Instandhaltung, Schmierung und Reinigung der Fahrgestelles sind schwieriger, Schäden weniger leicht zu erkennen, so daß auch die Aufwendungen für Wartung und Ausbesserungen höher zu veranschlagen sind. Ob wir gut daran tun, diese Omnibusbauart, die für die ausgezeichneten und festen Vorort- und Überlandstraßen Nordamerikas geschaffen ist, für unsre heutigen deutschen Straßen zu übernehmen, kann erst lange Betriebserfahrung entscheiden.

Abb. 34. Omnibus-Fahrgestell der Daimler-Motoren-Gesellschaft mit mäßig hohem, geradem Rahmen.

Abb. 35 bis **38.** Wechselgetriebe der Zahnradfabrik Friedrichshafen, mit Sodenschaltung (Einstellung der zu schaltenden Stufe mittels Gangwähler, Einschaltung der Stufe mittels Zahnklauen und Federdruckes).

Außer den dreiachsigen Kraftwagen eignen sich für großen Laderaumbedarf noch die dreiachsigen Kraftwagenzüge, die auch wohl als „Sattelschlepper"[1]) bezeichnet werden und für die kennzeichnend ist, daß auf der Hinterachse des Kraftwagens mittels eines Drehschemels ein großer Teil des Gewichtes von einem einachsigen Anhänger ruht. Diese Konstruktion eignet sich recht gut für Betriebe, bei denen mit langen Ladezeiten und kurzen Fahrstrecken gerechnet werden muß, etwa für sorglich zu behandelnde Güter, da man mit einem Schleppkraftwagen mehrere Einachsanhänger durch häufiges Umspannen bedienen kann[2]). Selbstverständlich muß dieser Vorgang sich bequem und schnell abspielen, was auf verschiedene Weise gut erreichbar ist. Diese Art von Lastzügen hat sich aber — in England stark verbreitet — in Deutschland noch wenig eingebürgert, obwohl sie außer den erwähnten Vorzügen noch den andern hat, sich bequemer auch rückwärts lenken zu lassen, als ein Lastkraftwagen mit zweiachsigem Anhänger. Die mit dem Umkehren und Verschieben der Anhängewagen verbundenen Unbequemlichkeiten haben auch in Deutschland — in den Vereinigten Staaten schon früher — zum Bau symmetrischer Anhängewagen geführt, die, mit zwei Lenkachsen versehen, nach zwei Richtungen fahren können. Es scheint überhaupt, als wenn man dem Anhänger, der bisher nur in ziemlich roher, handwerkmäßiger Ausführung käuflich war, mit dem Rüstzeug des Ingenieurs zu Leibe ginge. Kugel- und Rollenlagerachsen für Anhänger werden zwar schon länger von namhaften Firmen geliefert, aber große tote Gewichte werden noch vielfach mitgeschleppt, weil die Käufer auf billige Anschaffung bisher mehr sahen als auf Sparsamkeit des Betriebes.

Den Kippwagen für Schüttgüter ist weiterhin Aufmerksamkeit geschenkt worden, namentlich von Firmen, die solche als Sondererzeugnis herstellen. Der Dreiseitenkipper mit motorischem Antrieb, neuerdings vielfach mit hydraulischen Hebezeugen, herrscht dabei vor.

Sonderherstellung und Verbilligung.

Es wurde schon weiter oben bedauert, daß der deutsche Kraftwagenbau so sehr zur Zersplitterung neigt, und betont, daß die Beschränkung auf weniger Bauarten schon eine wesentliche Verbesserung bedeuten würde in bezug auf auf Wirtschaftlichkeit der Erzeugung. (Dabei soll nicht verkannt werden, daß die Auswahl der jeweils gerade marktfähigen Bauart für einen längeren Zeitraum nicht leicht ist für den leitenden Kaufmann!) Auf einen andern Weg, der zur wirtschaftlichen Erzeugung führt und in den Vereinigten Staaten längst erfolgreich beschritten wurde, ist schon oft hingewiesen worden. Es kann festgestellt werden, daß die Bemühungen um Schaffung von Sonder-

Verschiedene Wechselgetriebe der Zahnradfabrik Friedrichshafen, im Reihenbau auf Bestellung und Vorrat hergestellt.

[1]) Z. Bd. 66 (1922) S. 447.
[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1335.

Abb. 43 und 44. Treibachse der Maschinenfabrik Prometheus für Kraftwagen von 10 Steuer-PS.

Abb. 40 bis 42. Wechselgetriebe der Maschinenfabrik Prometheus für Kraftwagen von 10 Steuer-PS.

Abb. 45. Kraftwagen-Wechselgetriebe der Firma Favorit, Berlin-Neukölln.

Abb. 49 und **50.** Schnittzeichnung und Außenansicht (bei abgenommener Bremsscheibe) der Lenkradbremse, Bauart Perrot, der Fulmina-Werke. *a* und *b* Bremszapfen.

Abb. 48. Lenkradbremse, Bauart Perrot, der Fulmina-Werke.

industrien, die hier gemeint sind, auch in Deutschland in den letzten Jahren zu immerhin beachtenswerten Erfolgen geführt haben. Man pflegt seit Jahren auch in Deutschland für den Bau von Motoren und Kraftwagen (außer dem bekannten Zubehör und den im Handel befindlichen Massenteilen) schon fertig zu kaufen:

Lenkachsen,
Kugelgelenke,
Reifenluftpumpen,
Holzräder,
Scheibenräder,
Kolben,
Schüttgutkipper,

und der Konstrukteur verliert nicht mehr seine Zeit mit dem Entwurf und der Erprobung von Dingen, die er mit allen darin steckenden Sondererfahrungen kaufen kann. Neuerdings aber werden im Reihenbau hergestellte vollständige Baugruppen, zunächst vorwiegend für den Kleinkraftwagen angeboten; sie sind aber für Lastwagen schon in Vorbereitung oder in der Einführung begriffen. Diese Bestrebungen seien wegen ihrer Wichtigkeit durch einige Beispiele gekennzeichnet.

Abb. 46 und 47. Lenkachse für den 5 t-Lastkraftwagen der Berliner Wagenachsen-Fabrik, mit Laufrollenlagern *a* (oben) bezw. Druckrollenlagern *b* (unten).

Für große Lastwagen stellen die Bayerischen Motorenwerke München einen Motor von 55 bis 60 PS her, der hier bereits früher erwähnt wurde[1]) und neuerdings für große Omnibusse benutzt wird.

Die Zahnrad-Fabrik, A.-G., Friedrichshafen, betreibt seit Kriegsende den Bau von Wechselgetrieben und Zahnrädern (nach dem Maagschen Verfahren) auf Bestellung und hat in den letzten Jahren eigene Bauarten von Wechselgetrieben (und Hinterachsen für Kleinkraftwagen) in mehreren Ausführungen und Größen geschaffen. Abb. 35 bis 38 zeigen eine Sonderbauart des Werkes[2]), die auch für große Kraftwagen geeignet und im Gebrauch ist. Daneben werden neuzeitliche Getriebe mit „Knüppel"-Schaltung und Lamellenkupplungen gebaut, Abb. 39.

Das gleiche Arbeitsfeld haben Maschinenfabrik Prometheus, Berlin-Reinickendorf (Abb. 40 bis 44), Favorit, Berlin-Neukölln (Abb. 45) und Vorwerk, Barmen, gewählt.

Als Beispiel für Lenkvorderachsen der Berliner Wagenachsen-Fabrik sei auf Abb. 46 und 47 verwiesen. Die Fulmina-Werke, Mannheim, erzeugen ausschließlich vollständige Lenkachsen mit Bremse (Bauart Perrot) für Personen- und Lastwagen (Abb. 48 bis 50), die durch eine Eigentümlichkeit für schwere Wagen besonders geeignet sein könnten. Die Bremsbacken sind nur im oberen Aufhängepunkt *b* mit dem Achsschenkel verbunden, so daß die Bremsung für Vorwärtsfahrt (eine Selbstsperrungserscheinung) durch Mitnahme des vom Bremsdaumen getroffenen Backens verstärkt wird. Der Kraftaufwand braucht daher nur gering zu sein.

Die Rheinische Metallwaren- und Maschinen-Fabrik hat sich auf die Herstellung von Lenkachsen mit Bremsen nach den Entwürfen von Faudi eingerichtet. Die Konstruktionen weichen — was für ihre Einführung als Sondererzeugnis allerdings wenig günstig ist — vom bisher Gebräuchlichen stark ab, Abb. 51 bis 55.

In der Einführung begriffen sind die durch Ehrenreich & Co., Düsseldorf-Oberkassel, als Massenerzeugnis

[1]) Z. Bd. 66 (1922) S. 387

[2]) Auf die hier gemeinte, sehr bemerkenswerte „Soden"-Schaltung kann aus Raummangel, und weil im vorliegenden Zusammenhang nicht angebracht, nicht eingegangen werden; s. Z. Bd. 65 (1921) S. 1157 und „Der Motorwagen" Bd. 23 (1920) S. 355 u. f.

Abb. 51 bis 55. Lenkachse, Bauart Faudi, von Rheinmetall, Düsseldorf, Rohrachse am Rahmen fest mit Querfeder. Die Achsfäuste gleiten beim Durchfedern auf den Achsgelenkzapfen. Spreizung der Backen mittels Kniehebeln.

Abb. 56. Kugelgelenk für Lenkachsengestänge, Bauart Faudi.

hergestellten Kugelgelenke für Achssteuerungen, ebenfalls von Faudi entworfen, Abb. 56.

Gegenstand der Sondererzeugung und der gemeinsamen Verwendung seitens vieler Kraftwagenwerke sind auch die Kippbrücken für Schüttgüter (z. B. Armin Tenner, Berlin[1]), und neuerdings Meiller, München), ferner die Kesselaufbauten für Fäkalien-, Spreng- und Tankwagen.

[1]) Z. Bd. 66 (1922) S. 446.

Die durch obige Beispiele gekennzeichnete Bewegung wird noch starker Antriebe bedürfen, ehe der Nutzen daraus für die beteiligten Werke fühlbar wird. Man kann verstehen, daß die Konstrukteure sich gefühlsmäßig sträuben gegen die Verwendung von Baugruppen fremder Konstruktion, die vielleicht nicht allen Anforderungen entsprechen oder im Äußern, in der Formgebung, nicht befriedigen. Ist doch gerade dem deutschen Konstrukteur seine schöpferische Arbeit Gewissens- und Gesinnungsangelegenheit, jedenfalls eine solche der künstlerischen Leidenschaft. Aber da die Zusammenfassung der geistigen Kräfte auf kleinere Aufgaben dem Fortschritt dient und die Vergrößerung der aufgelegten Reihen die Herstellung bei gesteigerter Güte verbilligt durch Anwendung verbesserter Maschinen und Werkzeuge trotz höherer Einrichtungskosten, da schließlich auch in bezug auf Ersatzteilversorgung der Käufer besser bedient wird, so verdient die Sonderzeugung von Motoren, Wechselgetrieben, Achsen, Lenkstöcken, beharrliche Förderung durch die Kraftwagenwerke selbst, die im Besitz der Erfahrungen sind.

Zwei Werke[2]), die den Kraftwagenbau neu aufgenommen haben, beschreiten schon den zweifellos richtigen Weg, eine neue Kraftwagenbauart dadurch zu schaffen, daß sie marktgängige Baugruppen verwenden. [B 60]

[2]) Die Eisenbahnwagen-Fabriken van der Zypen-Charlier in Köln-Deutz und Goossens, Lochner & Co. in Aachen.

Die neuzeitliche Massenschmiede.

Auf der betriebstechnischen Tagung, die von der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure beim V. d. I. in Verbindung mit der Maschinenschau G. m. b. H. vom 6. bis 8. März in Leipzig veranstaltet wurde, hielt Dir. Schweißguth, Zuckmantel bei Teplitz, einen sehr beachtenswerten Vortrag über diesen Gegenstand[1]).

Die Massenfertigung, auf die wir uns aus wirtschaftlichen Gründen immer mehr und mehr einstellen müssen, verlangt so große Mengen von Schmiedestücken, daß die gewöhnliche Freiformschmiede für die Lieferung hier nicht mehr ausreicht. Nur im Gesenk lassen sich so hohe Stückzahlen erreichen. Die Herstellung von Schmiedeteilen in Gesenken verlangt aber weitgehende Spezialisierung der Einrichtungen und Normung der Maschine.

Alle Maschinenteile müssen so genau aus der Schmiede kommen, daß man sie nur noch wenig nachzuarbeiten braucht. Die Zugabe soll so gering sein, daß das Nacharbeiten nur noch durch Schleifen nötig ist, Abb. 1 und 2.

Bei der Massenfertigung handelt es sich um Millionen genau gleicher Teile, die jahrein, jahraus mit der gleichen Genauigkeit von einer und derselben Maschine hergestellt werden müssen. Hierbei muß die Maschine den Schmiedeteilen angepaßt sein; dasselbe gilt für den zugehörigen Ofen. Bei einer solchen Schmiede ist also eine große Zahl von Gruppen vorhanden, die selbständig Schmiedeteile zur Ablieferung bringen. Die neuzeitliche Schmiede muß rauch-, staub- und flugaschefrei sein, die Öfen müssen also entweder mit Gas oder Öl geheizt werden.

Das Schmieden erfolgt ausschließlich im Gesenk, wobei zur Schonung der Gesenke und um ihre Erwärmung möglichst niedrig zu halten, in jedem Falle nur ein Schlag mit dem Hammer oder ein Druck mit der Presse getan werden darf. Die Form der Vorgesenke soll sich allmählich der Form und den Abmessungen des Fertigstückes anpassen. Zur Herstellung der Gesenke dienen Kopiermaschinen. Diese fräsen die Form aber nicht aus dem Vollen, sondern sie wird mit den ungefähren Abmessungen schon in den rotwarmen Block eingeprägt. So hergestellte Gesenke sind außerdem wesentlich haltbarer als die aus dem Vollen gefrästen.

[1]) Vergl. „Maschinenbau/Betrieb" Bd. 4 (1925) S. 321.

Wo es möglich ist, soll schon das Walzwerk auf den Querschnitt des zu fertigenden Stückes Rücksicht nehmen, so daß die Blöcke bereits nach dem Profil des Stückes gewalzt werden und die Teile von diesem profilierten Block nur immer abzuschneiden sind, Abb. 3.

Zum Erhitzen der Schmiedestücke eignet sich ein senkrechter Drehofen, der sehr hohe Temperatur haben muß, mit 6 bis 10 Türen am Umfang und am besten mit Kraftantrieb. Gute Brennstoffausnutzung ist weniger wichtig als höchste Leistungsfähigkeit. Schmiedestücke von verwickelter Form kann man so herstellen, daß man die Teile gesondert schmiedet und dann durch Abschmelzschweißverfahren zusammenschweißt. Dies Verfahren hat den Vorteil, daß sich an der Schweißstelle keine Verunreinigungen bilden, die die Festigkeit beeinträchtigen.

Nach den angegebenen Verfahren könnte man auch bei uns Schmiedestücke in Massen von solcher Güte und zu einem Preise herstellen, daß sie den in Amerika erzeugten nicht nachstehen. [M 314] Stz.

Abb. 3. Profilgewalzter Block für Massenherstellung von Kurbelstangen

Abb. 1. Nach altem Verfahren geschmiedet.

Abb. 2. Nach neuem Verfahren geschmiedet.

Abb. 1 und 2. Geschmiedete Kurbelstange.

Pfeife mit sichtbarem Luftstrom für Motorschiffe.

Ein Vorteil der Dampfpfeife ist es, daß man den zum Antrieb der Pfeife benutzten Dampf sehen und daraus bei klarem Wetter erkennen kann, welches Schiff ein Signal mit der Pfeife abgegeben hat. Bei der mit Luft angetriebenen Pfeife oder Sirene der Motorschiffe fällt dieser Vorteil weg, so daß man zuweilen nicht sagen kann, von welchem Schiff ein Signal ausgeht, wenn verschiedene anwesend sind. Um diesen Nachteil zu beseitigen, hat die Sperry Gyroscope Co., die auch den Schlickschen Schiffskreisel nachbaut und auf Schiffen einzuführen versucht, eine Luftpfeife ausgebildet, bei der die Luft durch Flüssigkeiten gefärbt wird, die von Fliegern zur Rauchwolkenbildung für militärische Zwecke benutzt werden. [N 262]

Flüssigkeitsgetriebe für Ölmotor-Lokomotiven.

Von Dipl.-Ing. Th. Müller, Winterthur.

(Schluß von S. 504.)

Versuchsergebnisse des Schneider-Getriebes.

Jedermann, der Gelegenheit hatte, mit den früher bekannten Flüssigkeits-Wechsel- und Wendegetrieben Versuche anzustellen, hat die unangenehme Erfahrung gemacht, daß die gemessenen Wirkungsgrade immer hinter den Erwartungen zurückblieben und daß die Hauptbemühungen sich immer darauf erstrecken mußten, die großen Verluste zu erklären und vor allem zu vermindern. Diese Erfahrung hat die allgemeine Ansicht aufkommen lassen, daß mit hydraulischen Wechsel- und Wendegetrieben Wirkungsgrade über 75 vH nicht zu erreichen seien, so daß man im allgemeinen von den im folgenden gegebenen Wirkungsgradkurven überrascht sein wird.

Beim Schneider-Getriebe findet bei Normalfahrt, d. h. bei unmittelbarer Kupplung, keine Flüssigkeitsströmung statt, und in deren Nähe, im ganzen üblichen Fahrbereich, ist die Ölfördermenge und somit auch der Strömungsverlust sehr gering. Die Fördermenge erreicht bei kleinster Drehzahl der getriebenen Welle den größten Wert; da hierbei aber die Drehzahl des Drehkörpers des zweiten Getriebes sehr klein ist, so sind auch hier die hydraulischen Verluste verhältnismäßig gering.

Durch die Vermeidung von irgendwelchen Ventilen oder sonstigen die Querschnitte verengenden Steuermechanismen und durch Verwendung großer, gut geführter Durchflußkanäle werden die Strömungsverluste im vorliegenden Getriebe auf einen Mindestwert beschränkt.

Aus diesen Verhältnissen erklären sich die ungewöhnlich hohen Wirkungsgrade, die mit dem Schneider-Getriebe bei den Versuchen erzielt worden sind.

In Abb. 9 sowie Zahlentafel 1 und 2, die aus Versuchen von Prof. Ostertag mit dem Schneider-Getriebe stammen, sind die Wirkungsgrade η abhängig von der Blindwellendrehzahl n_s in vH angegeben, und zwar für Bremsleistungen von 300 bis 500 PS, bei einer Drehzahl von 350 Uml./min der Antriebwelle. Es sei ausdrücklich bemerkt, daß diese Drehzahl nur für die Versuche gilt und daß sämtlichen Berechnungen sowie den Abb. 6 und 8 eine Motordrehzahl von $n_m = 400$ Uml./min zugrunde gelegt worden ist. Da der elektrische Antriebmotor leider eine größere Belastung als 450 PS nicht zuließ, mußte die in Abb. 9 eingetragene Kurve für die Volleistung von 500 PS mit Hilfe der Kurven in Abb. 10 (η über der Blindwellenleistung) extrapoliert werden. Die Blindwellendrehzahl von $n_s = 200$ Uml./min entspricht der unmittelbaren Kupplung. Die gesamte Leistung wird hierbei mechanisch übertragen und der Wirkungsgrad η des Getriebes wird = 89 vH, wenn das Sekundärgetriebe mit dem Druckraum des primären verbunden ist, erhöht sich aber auf 93 vH, wenn das zweite Getriebe durch den eingebauten Hahn vom Druckraum abgeschaltet und dadurch entlastet wird. Bei Drehzahlen $n_s = 200$ bis 100 Uml./min bleibt η nahezu gleich (89 vH) und fällt nur wenig mit abnehmender Drehzahl, um bei der kleinsten $n_s = 62$ Uml./min auf 87 vH zu fallen. Bei größeren Drehzahlen als 200 fällt η etwas rascher ab, beträgt aber bei $n_s = 300$ Uml./min immer noch 80 vH.

In Abb. 10 sind die η-Kurven über der Bremsleitung aufgetragen, und zwar für verschiedene Drehzahlen der Blindwelle. Aus dieser Abbildung ist zu entnehmen, daß mit zunehmender Leistung der Wirkungsgrad anfänglich rasch, nachher etwas langsamer ansteigt und bei 400 und 500 PS den Höchstwert noch nicht erreicht hat.

Der Getriebeversuchsstand.

In Abb. 11 ist der Versuchstand wiedergegeben. Linkerhand ist ein Elektromotor aufgestellt, der mittels Riemen eine große Scheibe der Vorgelegewelle treibt, die mit der Primärwelle des Getriebes gekuppelt ist. Auf der verlängerten Blindwelle sind zwei große Bremsscheiben mit Pronyschen Zäumen und den Bremsgewichten zu sehen. Das Getriebe ist behelfsmäßig in einen Lokomotivrahmen eingebaut. Hinter dem Getriebe, auf dem Rahmen, ist das Führerpult mit einem Handrad zum unmittelbaren Verstellen des Hubes des Sekundärgetriebes sichtbar. Vor dem Elektromotor ist eine kleine, elektrisch angetriebene Zahnradpumpe zu sehen, die das Lecköl durch den in der Mitte angeordneten Kühler dem Getriebe wieder zupumpt.

Die Wirkungsgrade wurden zur Beobachtung und Erreichung größter Genauigkeit auf zweifache Weise gemessen: das eine Mal durch Messung der eingeführten elektrischen Leistung und der Bremsleistung, das andre Mal durch Messung der Bremsleistung und der im Kühler abgeführten Verlustleistung.

In den Abb. 12 bis 14 sind die Drehkörper und das Vorgelege des Getriebes zu sehen. Nach dem Auseinander-

Zahlentafel 1. Wirkungsgrade η, abhängig von der Blindwellendrehzahl n_s

Belastung der Blindwelle PS	50	100	200	300	400
$n_s = 220$ Uml./min η vH	50	65	77	90,5	82
„ = 200 „ „	60	72	86	91,5	92,5
„ = 150 „ „	60	73	84,5	87	88,5
„ = 100 „ „	60	73	84,5	87	88,5
„ = 64 „ „	59	71	82	86	86,5

Abb. 10. Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der Bremsleistung.

Abb. 9. Wirkungsgrad des Schneider-Getriebes in Abhängigkeit von der Blindwellendrehzahl n_s.

Abb. 11. Getriebeversuchstand in der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik.

nehmen nach etwa dreimonatlicher Versuchzeit zeigte sich an den Einzelteilen keine bemerkbare Abnutzung, weder an Kolben und Zylindern noch in den Lagern.

Steuerung des Getriebes.

Durch Drehen einer Handkurbel im Führerstand wird der Kolben des Steuerzylinders zweier parallel geschalteter Servomotoren verstellt, wodurch die Hubverstellung des Sekundärgetriebes bewirkt und die gewünschte Blindwellendrehzahl und die Fahrgeschwindigkeit eingestellt wird.

Durch ein weiteres Handrad im Führerstand wird der Leerlaufhahn betätigt und durch ein drittes Handrad ein zweiter Hahn, durch den bei unmittelbarer Kupplung das zweite Getriebe abgeschaltet und entlastet wird.

Hubverstellung, Hahnbetätigung, Umsteuerung und Motorreglung sind so miteinander verriegelt, daß falsche Handhabung ausgeschlossen ist. Beim Anlassen des Motors wird der Leerlaufhahn am Primärgetriebe geöffnet, damit der Widerstand des umlaufenden Öles und damit der Kurbelwelle des Primärgetriebes auf einen Mindestwert herabgesetzt wird.

Für das Anfahren stellt der Führer den Motor auf kleinste Drehzahl und im Sekundärgetriebe den größten Hub ein, drosselt dann allmählich mit dem Leerlaufhahn den Flüssigkeitsumlauf im Primärgetriebe, so daß der Öldruck steigt. Sobald die Blindwelle anfängt, sich zu drehen, wird der Leerlaufhahn langsam geschlossen, und der Führer hat die Geschwindigkeit der Lokomotive durch allmähliches Erhöhen der Motordrehzahl zu steigern, bis die Blindwelle bei 400 Uml./min des Motors eine Drehzahl von 72,5 Uml./min erreicht hat. Die Fahrgeschwindigkeit wird weiter durch Verkleinern des Hubes im Sekundärgetriebe gesteigert, bis die Normalgeschwindigkeit von 230 Uml./min der Triebwelle erreicht ist.

Bemerkt sei noch, daß die Lokomotive mit dem Getriebe ohne weiteres auch bei langdauernder Talfahrt gebremst werden kann.

Schlußbetrachtung.

Bei Verwendung des vorliegenden Getriebes in Motorlokomotiven, Kraftwagen und Fahrzeugen jeder Art werden gegenüber den bekannten hydraulischen Getrieben neben wesentlich höherem Wirkungsgrad weitere wesentliche Vorteile erreicht. Diese bestehen darin, daß die am meisten verlangte Regelgeschwindigkeit, die unter der Höchstgeschwindigkeit liegt, mit unmittelbarer Kupplung, ohne hydraulische Verluste, gefahren werden kann, und daß sowohl kleinere als auch größere Geschwindigkeiten mit stufenloser Übersetzungsänderung gefahren werden können, wobei die Getriebeverluste in der Nähe der Normalgeschwindigkeit, d. h. während des größten Teiles der Betriebzeit sehr gering sind und sich nur allmählich gegen die nur ausnahmsweise vorkommenden kleinsten und größten Geschwindigkeiten vergrößern, dabei aber auch in ihren größten Werten immer noch wesentlich geringer sind, als diejenigen bei den bekannten Getrieben. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Getriebeübersetzung für die Höchstgeschwindigkeiten unbegrenzt ist, so daß nur der Fahrwiderstand der Geschwindigkeit eine Grenze setzt.

Für die Größe des Getriebes sind vorerst keine baulichen Grenzen zu erkennen; es kann sowohl für 500 PS, für 50 PS, für 5 PS, als auch für 5000 PS gebaut werden

Zahlentafel 2. Leistungsversuche am

Versuch Nr.		1	2	3	4	5
Dauer des Versuches		15^{05} bis 15^{45}	16^{00} bis 16^{30}	16^{40} bis 17^{10}	17^{25} bis 17^{55}	18^{10} bis 18^{40}
Ablesungen am Manometer, Eintritt	at	6,5	6.0	6,0	6,0	6.7
„ „ „ Austritt	„	14,8	27,5	39,0	50,0	27,7
Druckzunahme	„	8,3	21,5	33,0	46,0	21,0
Hub des Sekundärgetriebes	mm	22,5	22,5	22,5	22,5	60
Drehzahl an der Primärwelle	Uml./min	350	350	350	350	350
„ „ „ Blindwelle	„	107	106	105	103	64
Effektive Bremsleistung N_e	PS	67,5	167,6	265,7	358,6	162,0
Leistung des Antriebmotors, eingeleitet	kW	89	165	247	319	165
Wirkungsgrad des „ (einschl. Transmission)	vH	80,1	87,7	91	91	87,7
Leistung in dem Getriebe, eingeleitet	PS	96,9	196.6	305,4	394.5	196,6
„ „ „ „ „ + Pumpenleistung	„	103,4	203,1	311,9	401,0	203,1
Wirkungsgrad des Getriebes	vH	65.3	82,5	85,2	89,4	79,8
Ölkühler, Wasserstandhöhe im Meßtank	m	1,177	1,177	1,177	1,170	1,16
Wassermenge	l/s	1,488	1.488	1.488	1,483	1,475
Wassertemperatur, Eintritt	°C	20,6	20.6	20,55	20,5	20,5
„ Austritt	„	23,8	24.7	25.5	26.3	25,6
„ Zunahme	„	3.2	4.1	4.95	5,8	5,1
Verlustleistung im Kühler aufgenommen N_v	PS	27,14	34.78	42.0	49.05	42,88
Leistung in das Getriebe eingeleitet $N_e + N_v = N_i$	„	94,64	202.38	307,7	407,65	204,88
Wirkungsgrad des Getriebes $\eta = \frac{N_e}{N_e + N_v}$	vH	71 3	82,8	86,4	88	79,15
Temperatur des Öles vor dem Kühler	°C	32	35	37	38	37
„ „ „ hinter „ „	„	28	29 2	30	31	30,5
„ „ „ in der Saugleitung des Getriebes	„	39	39	38.5	39,5	43

und bringt besonders für Motorfahrzeuge, seien es Kraftwagen, Treckter, Triebwagen oder Motorlokomotiven, kleinster und größter Leistung größte Vorteile.

Mit diesem Getriebe erreicht die Motorlokomotive nicht nur die Schmiegsamkeit der Dampflokomotive und der elektrischen Lokomotive, sondern es wird damit eine wesentlich größere Geschwindigkeits- und Drehmomentsänderung ermöglicht.

Aber auch einer großen Zahl andrer Verwendungsgebiete, die Geschwindigkeits- und Drehmomentwechsel brauchen, dürfte das Getriebe sehr willkommen sein; es seien hier nur Walzwerkantriebe und Förderanlagen erwähnt.

Beschreibung der 500 PS-Versuchslokomotive.

Das oben beschriebene 500 PS-Versuchsgetriebe wird in eine Versuchslokomotive, Abb. 15 bis 18, eingebaut.

Der Ölmotor und das Getriebe sind von der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur, Schweiz, hergestellt und auf ihrem Versuchstand monatelang ausgeprobt worden. Bis die Lokomotive, in welche die Maschinen eingebaut werden, fertiggestellt ist, wird der Maschinensatz weiteren Dauererprobungen unterworfen und Fachleuten vorgeführt.

Das Getriebe, der Ölmotor, ihre Anordnung in der Lokomotive und Hilfseinrichtungen sind nach Entwürfen von Heinrich Schneider, beratendem Ingenieur in Winterthur, gebaut.

Der Motor ist in der Längsrichtung der Lokomotive aufgestellt und die Kurbelwelle ist durch eine elastische Kupplung, die im Schwungrad untergebracht ist, mit der Primärwelle des Getriebes verbunden. Die Leistung des Primärgetriebes wird durch eine Vorgelegewelle mittels Kegelradgetriebes und diejenige des Sekundärgetriebes, dessen Achse parallel zu den Triebachsen angeordnet ist, durch ein Stirnradgetriebe auf die Blindwelle übertragen. Das Kegelradgetriebe ist als Wendegetriebe ausgeführt, da der Motor nicht umsteuerbar gebaut ist, so daß in beiden Fahrrichtungen mit höchstem Getriebewirkungsgrad gefahren werden kann. Von den Kurbeln der Blindwelle

Abb. 12 und 13. Drehkörper zum Schneider-Getriebe.

Abb. 14. Vorgelege und Blindwelle des Schneider-Getriebes.

Schneider-Getriebe. (13. und 14. Mai 1924).

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
18^{55} bis 19^{20}	19^{35} bis 20^{00}	20^{20} bis 21^{20}	21^{35} bis 21^{55}	22^{15} bis 22^{40}	8^{50} bis 9^{30}	9^{35} bis 10^{15}	10^{25} bis 11^{00}	11^{25} bis 11^{50}	11^{55} bis 12^{25}
6,0	5,6	6,5	5,5	5,5	6,6	6,8	7,0	6,0	5,0
38,0	47,6	21	36,5	48	27,6	33,0	43,0	29,0	41,0
32,0	42,0	14,5	31,0	42,5	21,0	26,2	36,0	23,0	36,0
60	60	7,2	7,2	7,2	0	0	0	— 4,5	— 4,5
350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
64	61	154	150	149	200	200	198	225	220
253,2	328,3	97,2	237,2	339,9	126,2	221,2	313,0	141,9	243,3
233	307	112	229	299	137	200	269	161	246
90,6	91	83	90,6	91	85.5	89,9	91,1	87,5	91
287,0	379,5	126,3	282,0	370	159,2	244,2	336,5	191,4	304,1
293,5	386,0	132,8	288,5	376,5	165,7	250,7	343,0	197,9	310,6
86,3	85,8	73,1	82,3	90,3	76,2	88,4	91,3	71,7	78,4
1,14	1,13	1,225	1,19	1,141	1,19	1,19	1,19	1,185	1,180
1,462	1,46	1,518	1,497	1,465	1,497	1,497	1,497	1,491	1,488
20,5	20,5	20,9	20,8	20,7	18,8	19,05	19,3	19,75	19,8
26,3	27,05	24,9	25,7	26,45	22,5	22,9	23,4	25,75	26,8
5,8	6,55	4,0	4,9	5,75	3,7	3,85	4,1	6,0	7,0
48,3	54,5	34,6	41,8	48,0	31,56	32,85	35,0	51,0	59,4
301,5	382,8	131,8	279,0	387,9	157,76	254,05	348,0	192,9	302,7
84,0	85,1	73,7	85,1	87,7	80,0	87,1	90,0	73,6	80,5
39	40	35	37	39	33	34	35	39	40,5
31	32	29	30	29	28	29	29,5	32	32,5
42	42,5	38,5	38	38,5	33,5	30	30,5	36	39

werden die Triebachsen mit dem von den elektrischen Lokomotiven her bekannten Stangenantrieb bewegt.

Das Spülluftgebläse für den Zweitaktölmotor liegt einerseits auf der Motorgrundplatte und anderseits auf dem Gehäuse des Primärgetriebes. Die Auspuffgase werden durch einen Auspufftopf und durch das Dach der Lokomotive abgeführt. Der Motor wird mit Druckluft von 60 at angelassen; hierfür sind drei Luftflaschen im seitlichen Gang übereinander angeordnet, die von dem am Motor angebauten kleinen Hochdruckverdichter aufgeladen werden.

Der Kühlanlage als einem sehr wichtigen Teile wurde große Aufmerksamkeit geschenkt. Für die 500 PS-Versuchslokomotive ist sie noch leicht unterzubringen, ihre Anordnung und der Antrieb der Ventilatoren ist aber so gewählt, daß sie auch für zukünftige größte Lokomotivleistungen beibehalten werden kann.

Hinter den aus verhältnismäßig kleinen Kühlelementen gebildeten Kühlern hat man Lüfter eingebaut, um die erforderliche Luftmenge hindurchzutreiben. Ihre Drehrichtung wird der Fahrrichtung der Lokomotive angepaßt, so daß stets beim vorausfahrenden Kühler die Luft durch den Kühler eintritt und durch die seitlichen Leitapparate austritt, während beim hintern Kühler die Luft durch Leitschaufeln in den Seitenwänden angesaugt und durch den Kühler nach hinten ausgestoßen wird. Die Lüfter werden über hydraulische Wechsel- und Wendegetriebe betrieben. Von einem am Schwungrad befestigten Zahnkranz aus wird eine Ölpumpe mit veränderlicher Fördermenge angetrieben, die das Drucköl liefert, um die beiden für die Lüfter eingebauten Sekundärgetriebe mit beliebig einstellbarer Drehzahl anzutreiben.

Der lokomotivtechnische Teil bietet wenig Neues und entspricht im ganzen dem mechanischen Teil einer elektrischen Lokomotive. Der Motor ist mit Stahlgußträgern am Rahmen fest verschraubt und bildet mit dem Rahmen zusammen, der durch Querbleche gehörig versteift ist, ein festes Ganzes. Beim Getriebe sind Querbleche gespart, indem die Getriebegehäuse aus Stahlguß zugleich als Rahmenversteifung dienen.

Der Kastenmittelteil ist in halber Höhe getrennt, und der ganze Oberteil kann in einzelnen Stücken abgehoben werden, so daß Motor und Getriebe für alle Zwecke genügend freigelegt werden können. Die kuppenförmig zu den Kühlern herabgezogenen Führerstandsdächer sind abnehmbar. Im hintern Führerstanddach ist der Behälter für einen Vorrat an Schmier- und Kühlöl sowie Kühlwasser eingebaut, während der Brennstoffbehälter unmittelbar hinter dem Motor an der hintern Querwand liegt. Das Spülluftgebläse saugt die Luft aus dem Maschinenraum an und sorgt somit für dessen Entlüftung, indem die Außenluft durch Schlitze im untern Teil der Seitenwände eintreten kann.

Zum Laufwerk der Lokomotive sei nur bemerkt, daß die Laufachsen als Adamsachsen ausgebildet sind und ein Seitenspiel von 85 mm erhalten, um der Lokomotive, ohne zu zwängen, das Durchfahren von 90 m-Krümmungen bei 19 mm Spurerweiterung zu gestatten.

Durch die selbsttätige Westinghousebremse können 65 vH, durch die Handbremse 50 vH des Reibungsgewichtes abgebremst werden. Einen größern Teil des Reibungsgewichtes abzubremsen, ist nicht nötig, da die umlaufenden Massen von Getriebe und Motor durch die Eigenreibung hinreichend rasch abgebremst werden und nicht wie die Läufer der elektrischen Lokomotiven zusätzlich abzubremsende Schwungmassen darstellen.

Zwei Führerstände, je mit den erforderlichen Steuereinrichtungen ausgerüstet, erlauben Fahrt in beiden Richtungen wie bei den elektrischen Lokomotiven. Der vor jeden Führerstand gesetzte Kühlervorbau ist so gestaltet, daß ein guter Ausblick auf die Strecke durch die seitlichen Stirnwandfenster gewährt wird.

Im Führerstandpult sind Hebel und Handräder untergebracht, die zum Steuern von Motor und Getriebe erforderlich sind. Zum Steuern des Motors dienen nur zwei Hebel, von denen der eine zum Einstellen der Umlaufzahl des Motors, der andre aber zum allfälligen Abstellen des Motors durch den Führer, und zwar durch Abschluß der Brennstoffzufuhr, unabhängig vom Regler, dient. Anlassen, Abstellen und Überwachung des Motors werden vom Maschinisten besorgt.

Der Hub des Sekundärgetriebes wird mittels zweier parallel geschalteter Servomotoren verstellt, deren gemeinsamer Steuerschieber vom Führerstand aus durch ein Handrad betätigt wird. Durch zwei weitere Handräder im Führerstand werden die beiden in die Ölleitungen des Getriebes eingebauten Hähne betätigt, nämlich der Leerlaufhahn und der „Abschalthahn", durch den beim Regelgang des Getriebes der Sekundärteil ausgeschaltet und entlastet werden kann. Sämtliche Steuerteile sind untereinander so verriegelt, daß falsches Handhaben ausgeschlossen ist.

Zur Bedienung sind, wie schon oben angedeutet, zwei Mann erforderlich, von denen der Maschinist mit dem Motor durchaus vertraut, im Notfall aber auch imstande sein muß, die Stelle des Führers zu versehen. Wenn die Ölmotoren auch vollkommen betriebsicher gebaut werden können, so müssen sie doch während des Betriebes dauernd aufmerksam bedient werden, eine Arbeit, die allerdings größtenteils nur im Abhorchen der laufenden Maschinen bestehen wird. Dies macht eine leichte allseitige Zugänglichkeit erforderlich, die durch breite, beiderseitige Gänge in der vorliegenden Lokomotive gewährt wird. Alle Bauarten von Motorlokomotiven, die das nicht ermöglichen, werden zu häufigen Betriebstörungen Anlaß geben und so die Einführung der Motorlokomotive im Eisenbahnbetrieb erschweren.

Das Gewicht der Lokomotive stellt sich auf 60 t im Dienst, wovon 32 t auf den lokomotivbaulichen Teil und 28 t auf den Motor und das Getriebe mit sämtlichen Hilfseinrichtungen sowie die Betriebsmittel entfallen.

Abb. 15 bis 18. 500 PS-Versuchslokomotive, Bauart Schneider.

Fahrverhältnisse.

Allgemeines. Die Regeldrehzahl der Blindwelle des Getriebes, bei der die Motorleistung unmittelbar übertragen wird, beträgt 230 Uml./min bei 400 Uml./min der Motorwelle. Damit wird die normale Geschwindigkeit der Lokomotive bei einem Triebraddurchmesser von 1250 mm der Motorwelle $V_{regel} = 55$ km/h und im Höchstfalle dementsprechend rd. 75 km/h.

Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Probelokomotive wurde in Abb. 19 die Zugkraft über der Geschwindigkeit aufgetragen. Hierbei sind die bei den Versuchen gemessenen Wirkungsgrade des Getriebes zugrunde gelegt, die sich für 17 bis 55 km/h zwischen 87 bis 90 vH bewegten, so daß im Mittel mit einem Wirkungsgrad von 88 vH gerechnet werden konnte. Der Triebwerk-, Lauf- und Luftwiderstand wurde nach der Formel von Strahl berechnet:

$$W_L = 2{,}5 \quad G_L + 4 \quad G_R + 6{,}0 \left(\frac{V+12}{10}\right)^2 \text{ in kg.}$$

G_L = Gewicht auf den Laufachsen in kg,
G_R = Reibungsgewicht in kg,
V = Fahrgeschwindigkeit in km/h.

Aus den Kurven von Abb. 19 wurden die von Abb. 20 abgeleitet. Sie stellen die Wagengewichte, die von der Lokomotive dauernd auf einer beliebigen Steigung geschleppt werden, dar. Der Wagenwiderstand wurde dabei nach der Formel von Strahl zu

$$w = 2{,}5 + \frac{1}{30}\left(\frac{V+12}{10}\right)^2 \text{ kg/t}$$

berücksichtigt.

Man kann aus diesen Schaulinien entnehmen, daß auf einer Strecke, die keine größern Steigungen als 10 vT aufweist, ein Wagengewicht von rd. 180 t das vorteilhafteste ist. Es wird auf 5 vT mit 55 km/h befördert. Handelt es sich um eine Strecke, auf der Steigungen bis 20 vT vorkommen, so wird man sich mit einem Wagengewicht von rd. 120 t begnügen, das auf 10 vT mit 55 km/h befördert werden kann.

In der Abb. 19 ist außer der Zugkraft auch die Leistung an der Blindwelle aufgetragen und zum Vergleich eine Dampflokomotive herangezogen, deren Zylinderleistung gleich der Blindwellenleistung der Motorlokomotive ist. Diese Nebeneinanderstellung läßt den kennzeichnenden Unterschied erkennen, daß die Leistung der Dampflokomotive mit abnehmender Fahrgeschwindigkeit abnimmt, jene der Motorlokomotive aber nahezu unveränderlich bleibt, wobei von der Fahrt mit unmittelbarer Kupplung unter Ausschaltung des Sekundärgetriebes abgesehen wird. Es zeigt sich, daß der Geschwindigkeitsbereich der Motorlokomotive sehr weit ausgedehnt werden kann, ohne daß die Wirtschaftlichkeit des Betriebes Einbuße erleidet. Soll die gleiche Bauart sowohl für Güter- wie Personendienst verwendet werden können, so ist dieser Umstand zweifellos von Vorteil und wird schätzungsweise vor allem bei Lokomotiven von 750 bis 1200 PS zur Geltung kommen. Während die Versuchslokomotive im Personenzugdienst 120 t auf 10 vT mit 55 km/h befördert, schleppt sie im Güterzugdienst z. B. 280 t auf derselben Steigung mit 30 km/h.

Das Reibungsgewicht der Probelokomotive wird bei rd. 60 t Dienstgewicht 42 t betragen. Die Regelzugkraft am Radumfang bei 55 km/h beträgt 2200 kg, die höchste 6500 kg bei Regelleistung des Motors. Das Reibungsgewicht wird also ausgenutzt im Verhältnis $\frac{6\,500}{42\,000} = \frac{1}{6{,}5}$ und, wenn der Motor mit 15 vH überlastet wird, im Verhältnis $\frac{7\,500}{42\,000} = \frac{1}{5{,}5}$.

Anfahren. Beim Stillstand der Lokomotive läuft der Motor leer mit 200 Uml./min; der Leerlaufhahn des Primärgetriebes ist geöffnet, so daß das Öl darin umlaufen kann, ohne Leistung aufzunehmen. Um anzufahren, stellt der Führer im Sekundärgetriebe den Höchsthub ein und drosselt dann allmählich mit dem Leerlaufhahn den Flüssigkeitsumlauf des Primärgetriebes ab; der Öldruck steigt, und die wachsende Zugkraft setzt schließlich den Zug in Bewegung, der Führer drosselt weiter, so daß der Normaldruck im Getriebe erreicht und weiterhin eingehalten wird. Sobald die Lokomotive eine Geschwindigkeit von 8,5 km/h erreicht hat, wird der Leerlaufhahn ganz geschlossen, und der Zug wird weiter durch Steigerung der Motorumlaufzahl beschleunigt unter Einhaltung unveränderlichen Öldruckes im Getriebe. Bei 17 km/h hat der Motor seine höchste Drehzahl von 400 Uml./min erreicht, so daß zur weiteren Steigerung der Fahrgeschwindigkeit der Hub im Sekundärgetriebe verkleinert werden muß.

Um die Anfahrverhältnisse zu überblicken, wurden auf Grund von Abb. 19 die Anfahrzeiten für verschiedene Zuggewichte und Steigungen berechnet. Es ergibt sich, daß z. B. auf ebener Strecke ein Wagengewicht von 120 t in 1⅔ min auf 55 km/h gebracht wird. Auf 5 vT sind hierzu etwa 3 min erforderlich. Die große Zugkraft der Probelokomotive wird sich vor allem zu Beginn des Anfahrens durch große Beschleunigung bemerkbar machen. Das Anfahren vollzieht sich außerordentlich weich, da die Zugkraft ganz allmählich von Null auf den Höchstwert ansteigt und diesen mit ganz geringfügigen Schwankungen beibehält, so daß das Reibungsgewicht aufs äußerste ausgenutzt werden kann, ohne daß man Schleudern der Triebräder befürchten müßte.

Bergfahrt. Der Führer hat nur die Hubverstellung zu betätigen unter Beobachtung des Manometers für das Getriebeöl. Geringe Steigungsänderungen werden von der Lokomotive bewältigt, ohne daß der Hub verstellt und somit ohne daß die Geschwindigkeit des Zuges verändert werden muß, da die geringen Schwankungen in der erforderlichen Zugkraft durch den Motorregler und damit Änderungen des Motordrehmomentes selbsttätig durch Steigerung oder Verringerung der eingespritzten Brennstoffmenge gedeckt werden. Diesen Schwankungen folgt

Abb. 19. Zugkraft in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.

Abb. 20. Wagengewichte in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.

auch der Öldruck im Getriebe, so daß der Führer aus dessen Größe stets auf die Belastung des Motors schließen kann und den Hub im Sekundärgetriebe erst dann vergrößern muß, wenn der Öldruck über das zulässige Maß hinaus steigt. Sinkt der Öldruck, so zeigt dies an, daß die Fahrgeschwindigkeit durch Veränderung des Hubes gesteigert werden kann, damit die Motorleistung voll ausgenutzt wird.

Der Öldruck im Getriebe kann zur selbsttätigen Hubverstellung bzw. zur selbsttätigen Einstellung der Drehzahl des Motors herangezogen werden, wobei der Öldruck zum Beispiel auf einen federbelasteten Steuerkolben wirkt, der die Servomotoren betätigt.

Talfahrt. Beim Übergang von der Fahrt in der Ebene auf Talfahrt stellt sich mit dem abnehmenden Fahrwiderstand der Motor von selbst auf Leerlauf, und das Getriebe läuft unter kleinstem Druck; die Fahrgeschwindigkeit wird durch die Luftbremse geregelt.

Für die Probelokomotive ist Luftbremsung auch für langdauernde Talfahrt vorgesehen, gleichzeitig kann aber sowohl mit dem Motor als auch mit dem Getriebe gebremst werden.

Wird beim Übergang auf das Gefälle die Brennstoffzufuhr zum Motor eingestellt, so wird das Getriebe den Motor zum Mitlaufen zwingen, wobei Saug- und Druckraum im Getriebe vertauscht werden. Der Motor wirkt dabei bremsend, und zwar so, daß an der Blindwelle eine Bremsleistung von etwa der halben Motorleistung zur Verfügung steht. Es zeigt sich, daß auf diese Weise ein Anhängegewicht von 150 t auf 10 vT Gefälle dauernd auf der Regelgeschwindigkeit gehalten werden kann.

Größere Bremsleistungen können mit dem Motor erzielt werden, wenn die beim Verdichtungshub erzeugte Druckluft, wie es bei den Kraftwagenmotoren geschieht, in der oberen Totpunktlage durch Öffnen eines Ventils abgeblasen wird. Auf diese Weise kann in fast allen vorkommenden Betriebsfällen das Anhängegewicht ohne Benutzung der Luftdruckbremse gebremst werden. Das Überschreiten der Höchstumlaufzahl des Motors kann dadurch verhindert werden, daß der Leerlaufhahn des Primärgetriebes geöffnet wird.

Endlich kann auch mit dem Getriebe allein gebremst werden, und zwar hydraulisch; dabei wird mit dem Leerlaufhahn die umlaufende Flüssigkeit gedrosselt.

Anhalten. Der Führer öffnet den Leerlaufhahn des Primärgetriebes und zieht gleichzeitig die Luftbremse an. Der Motor stellt sich dabei selbsttätig auf Leerlauf. Handelt es sich um einen kurzen Aufenthalt, so wird der Führer den Motor mit 200 Uml./min leer laufen lassen, während für längere Aufenthalte der Motor abgestellt wird.

Rückwärtsfahrt. Für kurze Rückwärtsbewegungen ist es nicht nötig, das Kegelradgetriebe umzuschalten, da mit dem Flüssigkeitsgetriebe auch rückwärts gefahren werden kann. Der Hub im Sekundärgetriebe wird dazu auf den größten negativen Wert eingestellt, und es wird zum Anfahren wie bei Vorwärtsfahrt mit dem Leerlaufhahn gedrosselt. [B 92]

Behandlung und Verfeuerung minderwertiger Brennstoffe.

Als Abfallbrennstoffe entfallen auf den Steinkohlengruben in großen Mengen minderwertige Brennstoffe wie Koksgrus, Schlammkohle und Mittelgut, die in bezug auf Heizwert und Entzündbarkeit große Unterschiede aufweisen und bisher einer wirtschaftlichen Verfeuerung große Schwierigkeiten entgegensetzten, da das bei aschenreichen Brennstoffen erforderliche häufige Abschlacken der Roste infolge der Zufuhr falscher Luft durch die während des Abschlackens geöffneten Feuertüren den Wirkungsgrad der Dampfkessel stark herabsetzten. Erst durch die Konstruktion des Unterwind-Wanderrostes ist die Frage der Verfeuerung aschenreicher Brennstoffe technisch gelöst. Zwar verursachte es zunächst noch Schwierigkeiten, eine einwandfreie Zündung der aschenreichen Brennstoffe auf Wanderrosten zu erreichen, da der Brennstoff bei Wanderrosten nicht auf ein Grundfeuer aufgegeben wird. Doch sind diese Schwierigkeiten durch geeignete Ausbildung des Zündgewölbes und Verwendung von Unterwind beseitigt worden, so daß sich heute aschenreiche Brennstoffe mit fast dem gleichen Wirkungsgrad wie hochwertige aschenarme verfeuern lassen. Als Ausgangstoff kann ein Brennstoff bis zu 39 vH Aschengehalt, bezogen auf trockenen Stoff[1]), einwandfrei entzündet und verbrannt werden. Brennstoffe mit höherem Aschengehalt als 39 vH müssen durch aschenärmere Brennstoffabfälle, wie zum Beispiel Koksgrus, verbessert werden. Bei Verwendung von Koksgrus hat man überdies noch den Vorteil, daß nicht nur der Aschengehalt, sondern auch der Wassergehalt des zu verfeuernden Gemisches herabgesetzt wird. Wesentlich für eine gute Verbrennung ist die Art und Weise und die Güte der Durchmischung beider Brennstoffteile; denn bei ungenügend gemischten Brennstoffen verbrennt der aschenarme und trockene Koksgrus schneller als die aschenreichen und feuchten Schlammkohlen oder das Mittelgut und bilden sich kalte Stellen auf dem Rost, die den Wirkungsgrad herabsetzen. Die Einrichtung einer besonderen Mischanlage ist daher unerläßlich.

Das Mischen von Koksgrus und Mittelgut war mit den bekannten Mischeinrichtungen für Kokskohle ohne Schwierigkeiten möglich; bei Schlammkohlen jedoch versagten sie vollständig. Hier hat man gute Ergebnisse erzielt mit Mischschnecken verschiedener Bauart, bei denen das Gemisch aus Schlammkohlen und Koksgrus während des Durchganges durch die Mischschnecke gegen eine Schneidvorrichtung gepreßt wurde, die etwa noch vorhandene Schlammkugeln zerschneiden sollte. Leistungsvermindernd wirkte bei allen Anordnungen, die auf verschiedenen Grubenanlagen Schlesiens und Westfalens, besonders auf der Zeche Consolidation durchgeprobt worden sind, immer die Schneidvorrichtung, da eine Verstopfung dieses Teiles der Anlage durch Holzstückchen nur durch Stillsetzen der gesamten Anlagen behoben werden konnte. Eine neue Anordnung der Mischanlage vermeidet diesen Nachteil durch Zerlegen der Mischschnecke in eine obere 4,5 m lange Hälfte und einen unteren 5 m langen Teil, zwischen denen die Schneid- oder Brechvorrichtung liegt[2]). Diese Teilung bietet den großen Vorteil, daß die gegen Eisenteile und Holzstücke sehr empfindliche Schneidvorrichtung gut zugänglich ist und bei Eintritt von Verstopfungen und Stillständen infolge ihres gesonderten Antriebes nicht die ganze Anlage in Mitleidenschaft zieht. Der Kraftverbrauch der Anlage ist verhältnismäßig gering; er beträgt bei einer Leistung von 50 t/h nur etwa 20 kW.

Die so verarbeiteten Brennstoffe, die sich in der Regel aus etwa $^{3}/_{8}$ Mittelgut, $^{3}/_{8}$ Koksgrus und $^{2}/_{8}$ Schlamm mit einem Aschengehalt von 25 bis 50 vH und einem Wassergehalt von 20 bis 30 vH zusammensetzen, werden auf Unterwind-Wanderrosten von je 11,5 m^2 wirksamer Rostfläche verbrannt, die mit Wasserrohrkesseln von je 300 m^2 Heizfläche und je 90 m^2 Überhitzerheizfläche für 15 at bei einer Überhitzung auf 350 bis 400 °C zusammengebaut sind. Bei einem Heizwert des Brennstoffgemisches von 5200 kcal ergab sich eine 4,75fache Verdampfung bei einer Leistung von 35,45 kg auf 1 m^2 Heizfläche und Stunde und bei 75 vH Kesselwirkungsgrad einschließlich Überhitzer und Rauchgasvorwämer. Die auf Zeche Consolidation befindlichen, neu errichteten Kesselanlagen mit Unterwind-Wanderrosten werden ausschließlich mit den minderwertigsten Brennstoffen wie Mittelgut von 25 bis 30 vH Aschengehalt, zeitweise vermischt mit unreinen Waschbergen von rd. 60 bis 65 vH Aschengehalt, ferner mit Koksgrus und Schlammkohle beschickt. Dabei wird fast dauernd ein Kohlensäuregehalt im Rauchgas von 10 bis 14 vH eingehalten, ein Beweis dafür, daß auch mit minderwertigen Brennstoffen ein einwandfreier Kesselbetrieb nach neuzeitlichen Grundsätzen durchgeführt werden kann. Der ein- bzw. zweijähige Betrieb der Anlagen auf der Zeche Consolidation ausschließlich mit Abfallbrennstoffen hat bewiesen, daß sich der auf 300 bis 400 °C überhitzte Dampf um durchschnittlich 1,50 bis 2 ℳ/t, also fast um die Hälfte billiger erzeugen läßt als mit guten Brennstoffen in teils veralteten Kesselhäusern. [N 429] Prockat.

[1]) „Glückauf" Bd. 61 (1925) S. 186.

[2]) „Glückauf" Bd. 61 (1925) S. 301.

Die Reduktion der Kurbelkröpfung.

Von Dr.-Ing. Seelmann, Harburg/Elbe.

Ausgehend von einer kritischen Betrachtung der bis heute bekannt gewordenen Verfahren wird ein neues Verfahren für die Reduktion gezeigt, das die Ermittlung der reduzierten Länge unter beträchtlicher Zeitersparnis ermöglicht.

Um Drehschwingungen zu berechnen, hat man bei der Dieselmaschine die Kurbelkröpfung auf die Welle zu reduzieren. Die Wege, die bis heute für diese Rechnungen von Geiger[1]) und Holzer[2]) veröffentlicht worden sind, stimmen nicht überein, Abb. 1. Hierzu ist folgendes zu bemerken:

Leitet man ein Drehmoment M durch eine Kröpfung, so entstehen Lagerreaktionen A. Von vornherein wäre anzunehmen, daß alle Einwirkungen, die von der Lagerreaktion A herrühren, den entsprechenden vom Drehmomente M entgegengesetzt gerichtet sein müssen. Dieser Auffassung konnte sich jedoch nur Holzer anschließen, wie Abb. 1 zeigt. Geiger dagegen berechnete zwar die Verschiebungswege der Lagerreaktion A negativ, gab aber den Verdrehwinkeln, die diese Verschiebewege bedingen, außer einem einzigen das positive Vorzeichen.

Weiterhin stimmen, wie aus Abb. 1 zu entnehmen ist, die beiden Verfasser darin nicht überein, welche Formänderungen Verschiebewege oder Verdrehwinkel zur Folge haben und welche nicht.

Die durch diese Unstimmigkeiten veranlaßte Untersuchung führte zu Ergebnissen, die deswegen besonders befriedigten, weil sie bei wenigstens gleicher Rechengenauigkeit eine wesentliche Zeitersparnis ermöglichen. Im folgenden soll auf die Ergebnisse kurz eingegangen werden:

Wir betrachten zunächst eine Kröpfung, Abb. 2 und 3, die nur einem Drehmomente M ausgesetzt ist. Die Lager haben also so reichlich Spiel, daß Lagerreaktionen nicht entstehen. Dann entsteht beim Durchgang des Momentes M durch die Kröpfung zunächst eine Verbiegung des Schenkels. Der daraus folgende Verdrehwinkel $\varphi_1 = \frac{d\varphi}{dt}$ der Biegungsgleichung $EJ\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -M$, also gemessen zwischen zwei Endquerschnitten, ist

$$\varphi_1 = M\frac{r}{EJ_s} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (1).$$

[1]) Geiger, Dissertation, Augsburg 1914, Wallach.
[2]) Holzer, Die Berechnung der Drehschwingungen, Berlin 1921, Julius Springer.

herrührend von	Unterschiede der Reduktion	Verschiebungswege Geiger	Verschiebungswege Holzer	Verdrehungswinkel Geiger	Verdrehungswinkel Holzer
Moment M	Biegung Schenkel	positiv	positiv	positiv	positiv
	Verdrehung "	null	positiv	positiv	positiv
	" Zapfen	positiv	positiv	positiv	positiv
Lagerreaktion A	Biegung Schenkel	negativ	negativ	positiv	negativ
	Verdrehung " Ebene bl	null	negativ	null	negativ
	" " " bh	negativ	negativ	positiv	null
	Schiebung " Querschn. bl	null	negativ	null	null
	" " " bh	negativ	negativ	positiv	negativ
	Biegung Zapfen	negativ	negativ	positiv	null
	Verdrehung "	negativ	negativ	negativ	negativ
	Schiebung "	negativ	negativ	positiv	null

Größen null — Größen positiv — Größen negativ

RZ142Z1

Abb. 1. Vergleich der Darstellung der Reduktion von Geiger und von Holzer.

Das Moment M verdreht auch den Schenkel. In Abb. 4 und 5 ist die Einwirkung des Drehmomentes M nach der bisherigen Ansicht dargestellt. Abb. 4 zeigt die Einwirkung auf den Lagerzapfen, Abb. 5 die auf den Kurbelschenkel. Diese Betrachtungsweise läßt sich nicht aufrechterhalten.

Verfolgt man die Richtung der Formänderung auf der Linie BCD, so ergibt sich, daß man nach der bisherigen Auffassung im Lagerzapfen in einer unendlich kleinen Entfernung vom Schenkel einen Pfeil für die Drehbewegung zugelassen hat, der die Richtung von C nach B, also von rechts nach links hatte, während man dagegen für den Schenkel die Richtung der Drehbewegung von C nach D, also von links nach rechts forderte. Eine solche Möglichkeit widerspricht der Wirklichkeit. Dem wirklichen Verhalten wird man näher kommen, wenn man die Nullinie der Verdrehung im Zapfen beim Schnitt mit dem Schenkel nicht sprunghaft enden, sondern bis zu einer gewissen Tiefe in den Schenkel hineinreichen läßt.

Eine von der Fachwelt anerkannte Erscheinung weist auf einen Näherungsweg. Man erinnere sich an das Verhalten von Kröpfungen, die aus mehreren Teilen zusammengesetzt sind. Für diese sind die Verdrehwinkel dieselben wie bei solchen Kröpfungen, die aus einem Stücke bestehen. Man denke sich also eine Kröpfung aus mehreren Teilen zusammengesetzt, Abb. 6 und 7. Wäre der zwischen den beiden Zapfen liegende Baustoff ohne jeden Einfluß, dann wäre die Verdrehung leicht zu bestimmen. Sie wäre dann gleichwertig mit einem Wellenstücke von der Länge $2h$, Abb. 3. Den Einfluß des Schenkels kann man begrifflich wohl dadurch am leichtesten fassen, daß man sich die Länge h in unendlich viele, unendlich kleine Teile zerlegt denkt und für jeden Querschnitt dann die Übertragung des Drehmomentes durch ein Zwischenglied R zustande gekommen annimmt. Bei Abb. 6, die die Lage der Drehwinkel im Schenkel zeigt, erhält man die Lage der Drehwinkel von Zapfen und Schenkel sinngemäß. Für unsre Betrachtungen ist es zunächst gleichgültig, wie sich die Drehwinkel mit der Länge h und der Höhe r verändern werden. Es genügt, wenn man den ganzen zusätzlichen Anteil, also die Summe

Abb. 2 und **3.** Kurbelkröpfung.

Abb. 4 und **5.** Einwirkung eines Drehmomentes auf Zapfen und Schenkel, bisherige Ansicht.

Abb. 6 und **7.** Lage der Drehwinkel im Schenkel.

Abb. 8. Größe der Drehwinkel im Schenkel.

aller einzelnen Verdrehwinkel bestimmt, die durch den Schenkel hervorgerufen werden.

Näherungsweise wird man die Verdrehung des Schenkels nach Abb. 8 auffassen können. Diese ist für die Annahme gezeichnet, daß der Einfluß eines Kurbelschenkels gleichbedeutend mit einer Verlängerung des Zapfens um $0{,}45\,h$ ist. Dieser Wert führt zu guten Ergebnissen für die gebräuchlichen Ausführungen, wie durch Vergleich mit Verdrehungsversuchen festgestellt wurde. Der Verdrehwinkel für den Schenkel ist hiernach

$$\varphi_2 = M \frac{0{,}45\,h}{G\,J_z} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (2).$$

Schließlich ist noch die Verdrehung des Kurbelzapfens zu berechnen. Dieser Winkel ergibt sich aus der Verdrehung eines geraden Wellenstückes von der Länge $\frac{a}{2}$, Abb. 3.

$$\varphi_3 = M \frac{a}{2\,G\,J_z} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (3).$$

Wäre unsere frühere Annahme richtig, so wären wir damit schon am Ende. Leider erfordert der Einfluß des Lagerspiels eine Berichtigung des obigen Ergebnisses. Schon von andern Verfassern wurde gezeigt, daß man die Lagerreaktion auf eine Einzelkraft A zurückführen kann, die in Mitte Kröpfung auf der Symmetrielinie, etwa auf einem mit dem Schenkel verbundenen Hebel nach Abb. 3, angebracht gedacht werden kann. Der Gang der Rechnung ist dann der, daß man die Verschiebewege der Lagerzapfen, die von M und A herrühren, mit dem Lagerspiele s in Beziehung bringt. Dies ergibt den Ansatz

$$A = \frac{M\left[\frac{r^2}{E\,J_s} + \frac{0{,}9\,h\,r}{G\,J_z} + \frac{a\,r}{G\,J_z}\right] - s}{\left\{\begin{array}{l} \frac{2}{3}\frac{r^3}{E\,J_s} + \frac{3{,}6}{G}\frac{b^2+l^2}{b^3\,l^3}h\frac{r^2}{2} + \frac{3{,}6}{G}\frac{b^2+h^2}{b^3\,h^3}r\frac{(a+h)^2}{2} \\ \quad + \frac{2{,}4}{G}\frac{h}{b\,l} + \frac{2{,}4}{G}\frac{r}{b\,h} + \frac{a^3}{6\,E\,J_z} + \frac{r^2\,a}{G\,J_z} + \frac{1{,}186\,a}{G\frac{\pi}{4}d^2} \end{array}\right\}} \quad (4)$$

Nach Annahme von s kann A berechnet werden, und damit wird dann die Auswertung des Verdrehwinkels nach der folgenden Gleichung möglich:

$$\varphi = M\left[\frac{2\,r}{E\,J_s} + \frac{0{,}9\,h}{G\,J_z} + \frac{a}{G\,J_z}\right] - A\left[\frac{r^2}{E\,J_s} + \frac{3{,}6}{G}\frac{b^2+l^2}{b^3\,l^3}h\,r + \frac{r\,a}{G\,J_z}\right] \quad . \; (5).$$

Da diese Rechnungen sehr umständlich sind, wurde danach gestrebt, einen einfacheren Ansatz für die Reduktion zu finden. Dies wird dann möglich, wenn man einen Gedanken aufgreift, der vom Verfasser schon in seiner Dissertation: „Der Schwingungsausgleich von Mehrzylinder-Dieselmaschinen" (T. H. Hannover, Dezember 1923) verwendet wurde. In dieser Arbeit wurde gezeigt, daß man jede Größe einer Kröpfung als $f(D, s/D)$ darstellen kann. Führt man dies hier durch und stellt alle Verschiebewege und Verdrehwinkel als $f(D, s/D)$ dar, so kann man den negativen Anteil des Verdrehungswinkels durch einen Faktor

$$k = f(D, s/D)$$

ersetzen, der zu den Verdrehwinkeln, die von M herrühren, hinzutritt und jedenfalls stets kleiner als 1 ist. Aus Abb. 9 sind die Werte k, die auf diese Weise gefunden werden können, zu entnehmen. Das Lagerspiel wurde zu 0,12 mm und die mittlere dynamische Drehbeanspruchung des Zapfens zu 400 kg/cm² angenommen.

Abb. 9. Werte für den Faktor $k = f(D, s/D)$.

Die k-Werte hängen nicht nur vom Lagerspiel, sondern auch von den Drehbeanspruchungen ab. Demnach ist bei der Ermittlung der reduzierten Länge folgendes zu beachten. Lenkt ein bestimmtes Drehmoment M eine Kröpfung um f aus, so werden zwei Kröpfungen unter dem Winkel von 180° durch M ebenfalls um f ausgelenkt, zwei unter dem Winkel von 360° dagegen um $2f$. Für Kröpfungen, die unter andern Winkeln aufeinander folgen, lassen sich ähnliche Betrachtungen anstellen. Diese Verschiedenheit der Auslenkungen bedingt, daß das Lagerspiel unter Umständen scheinbar verkleinert wird. Die Größe der reduzierten Länge ist also auch eine Funktion des Winkels, unter dem die einzelnen Kröpfungen gegeneinander versetzt sind. Ferner können die Wahl der Anschlußhalbmesser der Zapfen an den Schenkeln sowie etwaige Abschrägungen an den Kurbelschenkeln das Ergebnis beeinträchtigen.

Von ausschlaggebender Bedeutung sind die auftretenden Drehbeanspruchungen. So z. B. hatte ich Gelegenheit, die Massen einer Vierzylindermaschine für Dynamoantrieb derart anzuordnen, daß von der Drehzahl null bis etwa 30 vH über der normalen überhaupt keine kritischen Gebiete festzustellen waren. Bei einer zweiten Maschine gleicher Zylinderzahl mit kleineren Zylinderbohrungen waren bei der gewählten Lageranordnung und den Hauptmassen der Maschine die kritischen Gebiete so ausgedehnt, daß es sehr schwierig war, die kritischen Gebiete derart zu verlegen, daß ein anstandloser Parallelbetrieb des elektrischen Teils möglich wurde. Die auftretenden Kräfte haben sich schätzungsweise wie 1 : 3 verhalten, das würde eine nicht zu vernachlässigende Änderung der k-Werte bedingen. Hieraus folgt zunächst, daß es nicht genügt, nur darauf zu achten, daß man außerhalb der kritischen Getriebe bleibt. Die Untersuchung auf Schwingungen muß weiter nach vorn in die Konstruktion verschoben werden. Zunächst wird darauf zu achten sein, daß der Aufbau derart ist, daß die kritischen Erscheinungen überhaupt möglichst verschwinden. Hat man dies erreicht und bleibt dann weiterhin den kritischen Gebieten fern, so hat man den besten Aufbau gefunden, der möglich ist. Diese Gedankengänge sind, so viel ich weiß, bisher noch nicht in eine dem Konstrukteur passende Form gebracht. Ein Versuch, diese Überlegungen für den Schwingungsfachmann auszuarbeiten, ist meine oben angeführte Doktorarbeit.

Da über die Größe des wirklich vorhandenen Lagerspiels, den Einfluß des Kurbelversetzungs-Winkels, die

Zahlentafel 1. Reduktion der Kröpfung.
$D = \ldots$ mm; $s = \ldots$ mm; $n = \ldots$ 1/min.

	dabei bedeutet
$2\,l_1 = 2\,r\frac{G\,J_0}{E\,J_s} = \ldots\ldots$	$E = 2{,}2 \cdot 10^6$
$2\,l_2 = 0{,}9\,h\frac{J_0}{J_z} = \ldots\ldots$	$G = 0{,}83 \cdot 10^6$
	$J_s = \frac{h\,b^3}{12}$
$2\,l_3 = a\frac{J_0}{J_z} = \ldots\ldots$	$J_z = \frac{\pi}{32}d^4$

$2\sum_1^3 l = \ldots\ldots$

Für $D = \ldots$ $\frac{s}{D} = \ldots$ folgt $k = \ldots$

$k\,2\sum_1^3 l = \ldots$

$2\,l_2 = 0{,}9\,h\frac{J_0}{J_z} = \ldots\ldots$

$2\,l_4 = 2\,c\frac{J_0}{J_z} = \ldots\ldots$

$l_{red} = 2\left[k\sum_1^3 l + (l_2 + l_4)\right] = \ldots$

Größe der für den einzelnen Aufbau auftretenden Drehbeanspruchungen und damit auch über die eintretenden k-Werte noch keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen, wird man sich heute begnügen, für mittlere Verhältnisse die obigen Formeln zugrunde zu legen. In der notwendigen Annahme dieser Unbekannten stimmt das vorgeschlagene Verfahren mit allen übrigen überein.

Aus den oben angeführten Verdrehungswinkeln werden nun die reduzierten Längen nach bekanntem Verfahren bestimmt. Man wählt dazu den Durchmesser der Bezugswelle und das Trägheitsmoment $J = J_0$ beliebig. Damit ergeben sich die in Zahlentafel 1 angeführten Formeln. Für die Reduktion der Gesamtkröpfung ist noch der Einfluß des Lagerzapfens zu berücksichtigen. Die Reduktion einer Kröpfung beruht also jetzt nur noch auf einer Auswertung der in Zahlentafel 1 angeführten Formeln. Ein Vergleich mit den früher notwendigen Rechnungsvorgängen zeigt den Vorteil des vorgeschlagenen Verfahrens. [B 142]

Der wahre Wirkungsgrad der Gleichdruckturbine.

Von H. Richter, Hamburg.

Der Zusammenhang zwischen dem indizierten und dem wahren Wirkungsgrad wird untersucht und ein graphisches Verfahren zum Aufzeichnen der Wirkungsgradkurven angegeben.

Bei der Berechnung von Dampfturbinen ist es üblich, der Bemessung der Räder bei gegebener Drehzahl und gegebenem Wärmegefälle den Wirkungsgrad am Radumfang oder indizierten Wirkungsgrad zugrunde zu legen. Die Ventilationsarbeit wird dann von der errechneten Turbinenleistung abgezogen, so daß der Unterschied, von der meist geringen Lagerreibung usw. abgesehen, die nutzbare Leistung ergibt.

Dem günstigsten indizierten Wirkungsgrad entspricht aber keineswegs der Höchstwert des wahren Wirkungsgrades; daher soll der Zusammenhang zwischen dem wahren und dem indizierten Wirkungsgrad untersucht werden.

Für die einkränzige Einzelstufe einer Gleichdruckturbine ist mit den Bezeichnungen des Geschwindigkeitsplans, Abb. 1, und unter der Voraussetzung, daß Ein- und Austrittwinkel einander gleich sind, der indizierte Wirkungsgrad[1])

$$\eta_i = 2\,(1+\psi)\,\frac{\left(\frac{c_0}{u}\right)\varphi\cos\alpha - 1}{\left(\frac{c_0}{u}\right)^2} \quad \ldots\ldots (1).$$

Dieser Ausdruck zeigt, daß η_i für einen bestimmten Winkel α nur vom Geschwindigkeitsverhältnis $\left(\frac{c_0}{u}\right)$ abhängt.

Die Ventilationsleistung eines Einzelrades ist nach den Versuchen der AEG in PS[2])

$$N_r = \left(1 - \frac{B}{\pi D}\right)\beta\, D^4\, L\, \frac{n^3}{10^{10}}\,\frac{1}{v_3} \quad \ldots\ldots (2).$$

Hierin ist B der Beaufschlagungsbogen in m, β ein Festwert, D der mittlere Schaufelkranzdurchmesser in m, L die Schaufellänge in cm, n die Drehzahl und v_3 das spezifische Volumen des Dampfes beim Austritt aus dem Rad in m³/kg.

Gl. (2) kann man ebenfalls auf die Form $N_r = f\left(\frac{c_0}{u}\right)$ bringen. Im folgenden sind alle Größen in m, m/s und m³/kg einzusetzen.

Allgemein ist der Beaufschlagungsbogen

$$B = \frac{v_1\, G_n}{3600\, c_{1_a}\, l},$$

worin G_n die nutzbare Dampfmenge in kg/h, v_1 das spezifische Volumen beim Eintritt in die Schaufel und c_{1_a} die axiale Komponente von c_1 ist.

Die Schaufellänge beim Austritt aus dem Rad ist $L = l\,\frac{v_2}{\psi\, v_1}$, wenn l die Düsenhöhe in m ist.

Setzt man die Werte für B und L in Gl. (2) ein, so ist die Ventilationsleistung in PS

$$N_r = \beta\left(1 - \frac{v_1\, G_n}{3600\, c_{1_a}}\,\frac{1}{l\,\pi\, D}\right) D^4\, 100\, l\,\frac{v_2}{\psi\, v_1}\,\frac{n^3}{v_3}\,\frac{1}{10^{10}}.$$

Die Bedeutung von v_1, v_2 und v_3 als spezifische Volumen des Dampfes an den verschiedenen Zustandspunkten geht aus Abb. 2 hervor. Man erkennt, daß man in erster Annäherung $v_2 = v_3$ setzen kann.

Bezieht man die Ventilationsleistung nicht auf die gesamte Dampfmenge G_n kg/h, sondern auf 1 kg/s, so ist die sekundliche Ventilationsarbeit in mkg

$$L_r = \beta\left(100\, n^3\,\frac{D^4\, l}{G_n\, v_1} - \frac{100\, n^3\, D^3}{3600\,\pi\, c_{1_a}}\right)\frac{75\cdot 3600}{10^{10}\,\psi}.$$

Beachtet man, daß

$$v_1\, G_n = 3600\,\varphi\, c_0\, F_{e_a}\sin\alpha,$$

worin F_{e_a} der axiale Eintrittsquerschnitt in m² ist, so wird nach einigen Umformungen

$$L_r = \frac{75\cdot 10^2\cdot 60^3}{10^{10}\,\pi^3}\,\frac{u^3\,\beta}{\psi\,\varphi\, c_0\sin\alpha}\left(\frac{D\, l}{F_{e_a}} - \frac{1}{\pi}\right).$$

Mit $D = \frac{60}{\pi}\left(\frac{u}{c_0}\right)\left(\frac{c_0}{n}\right)$ wird

$$L_r = \frac{75\cdot 10^2\cdot 60^3}{10^{10}\,\pi^4}\,\frac{\beta\, u^3}{\psi\,\varphi\, c_0\sin\alpha}\left[60\,\frac{l}{F_e}\left(\frac{u}{c_0}\right)\left(\frac{c_0}{n}\right) - 1\right] \quad \ldots (3).$$

Der wahre Wirkungsgrad

$$\eta_e = \frac{L_i - L_r}{L_0} = \eta_i - \frac{L_r}{L_0}$$

ist nach Einsetzen von L_r und leichter Umformung

$$\eta_e = \eta_i + \frac{a}{\left(\frac{c_0}{u}\right)^3} - \lambda\,\frac{60\, a}{\left(\frac{c_0}{u}\right)^4} \quad \ldots\ldots\ldots (4),$$

worin $a = \frac{75\cdot 10^2\cdot 60^3\cdot 2\, g\,\beta}{10^{10}\,\pi^4\,\psi\,\varphi\sin\alpha}$ und $\lambda = \frac{c_0}{n}\,\frac{l}{F_{e_a}}$.

Hierin ist nur das Glied γ von der Austrittgeschwindigkeit c_0 und der Drehzahl abhängig. Z. B. wird mit $\beta = 2{,}27$, $\varphi = 0{,}95$, $\psi = 0{,}9$ und $\sin\alpha = \sin 16^\circ\, 42'$

$$\eta_e = \eta_i + \frac{0{,}3}{\left(\frac{c_0}{u}\right)^3} - \lambda\,\frac{18}{\left(\frac{c_0}{u}\right)^4}.$$

[1]) s. Bauer-Lasche, Die Dampfturbine.
[2]) Stodola, Dampf- und Gasturbinen 5. Aufl. S. 166.

Abb. 1. Geschwindigkeitsplan für die einkränzige Einzelstufe einer Gleichdruckturbine.

Abb. 2. Auszug aus dem Mollier-Diagramm.

Abb. 3. Wirkungsgrad der einstufigen Gleichdruckturbine.

Abb. 4. Graphische Multiplikation der Werte y und z.

Bringt man Gl. (4) auf die Form

$$\eta_e = \eta_i + y - \lambda z \quad \ldots \ldots \ldots \quad (5),$$

worin $y = \frac{a}{\left(\frac{c_0}{u}\right)}$, und $z = \frac{60\,a}{\left(\frac{c_0}{u}\right)^4}$,

so erkennt man, daß man nur nötig hat, eine für alle Werte von c_0 und u gültige $(\eta_i + y)$-Kurve über $\frac{c_0}{u}$ als Abszisse zu zeichnen und von dieser die mit γ multiplizierten Werte von z nach unten abzusetzen, um die Wirkungsgradkurve zu erhalten.

In Abb. 3 ist eine solche $(\eta_i + y)$- und eine z-Kurve unter Berücksichtigung der Veränderlichkeit der Zahl ψ eingetragen. Die Kurven gelten für alle einkränzigen Einzelstufen, wobei $\beta = 2{,}27$, $\varphi = 0{,}95$, $\alpha = 16^\circ\,42'$ ist.

Für einen besonderen Fall ist auch die η_e-Kurve eingetragen. Sie läßt erkennen, um wieviel kleiner als beim indizierten Wirkungsgrad man die Umfangsgeschwindigkeit wählen muß, um einen günstigen wahren Wirkungsgrad zu erhalten.

Um die Arbeit des Absetzens der Werte von λz von der $(\eta_i + y)$-Kurve zu erleichtern, kann man ein graphisches Verfahren nach Abb. 4 anwenden, das nach Bestimmung der Größe h durch einfache Projektion das Produkt λz liefert. Dabei ist

$$h = \frac{a}{\sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - 1}},$$

worin a die Entfernung der beiden Ordinaten gemäß Abb. 4 ist. Den Maßstab der h-Linie wählt man in denselben Einheiten wie den für a. [B 1005]

Neuer Kondensatableiter.

Nach mehrjähriger Erprobung hat vor kurzem die Firma Samson-Apparatebau A.-G., Frankfurt a. M.-Osthafen, einen „Kondensschleuse" genannten Wasserableiter, Abb. 1 und 2, auf den Markt gebracht[1]). Dieser ist mit Doppelventil und geschlossenem Schwimmer, aber nicht mit Hebelgestänge versehen, läßt sich also, streng genommen, nicht in die von Gramberg[2]) gewählte Einteilung der Ableiter einreihen; rein äußerlich könnte man den Abscheider zwar zu den Kondenstöpfen mit geschlossenem Schwimmer rechnen, doch trifft darauf das grundsätzliche Merkmal solcher Abscheider nicht zu, daß nämlich mit Ventil arbeitende Kondenstöpfe regelmäßig nur für einen beschränkten Druckbereich verwendbar sind und das Ventil von seinem Sitz, auf den es der Dampfdruck preßt, durch die Schwimmerwirkung entgegen dem Dampfdruck abgehoben werden muß. Bei der Kondensschleuse wird ein entlastetes Doppelsitzventil verwendet, so daß sie bei beliebigem Ventilquerschnitt für jeden Druckbereich verwendbar ist. Die Druckentlastung bewirkt auch, daß der Dampfdruck nicht auf dem Ventil lastet, und daß daher die Schwimmerwirkung das Ventil nicht entgegen dem Dampfdruck von seinem Sitz abzuheben braucht; vielmehr wird das Ventil hier lediglich durch die jeweils im Topf stehende Wassermenge gesteuert, die den Schwimmer trägt. Die Querschnitte der Ventile können ohne Rücksicht auf den Dampfdruck bemessen werden und gestatten somit weit höhere Leistungen als bei normalen Abscheidern, z. B. werden bei 30 mm l. W. 6000 l/h angegeben.

Als ein zum Entwässern eines Gegenstromvorwärmers dienender und seit 4 Jahren ununterbrochen im Betrieb befindlicher Topf dieser Bauart von 30 mm Anschlußweite im Rathaus Barmen kürzlich vom Bergischen Dampfkessel-Überwachungsverein auf seine Leistung untersucht wurde, stellte sich heraus, daß er nicht, wie die Preisliste angibt, 6000, sondern 7000 l/h leistete, vielleicht hätte er auch noch mehr durchgelassen, wenn der Gegenstromvorwärmer höher hätte beansprucht werden können.

Viele schmiedeiserne, sorgfältig feuerverzinkte Schwimmer haben teils nach fünfjährigem Gebrauch in Kondenstöpfen nicht die geringsten Verrostungen gezeigt.

Ableiter, deren Wirksamkeit auf der Temperatur beruht, haben im Heizfach in den letzten Jahren noch wenig Anklang gefunden, da das Bourdonrohr nach einigen Monaten, stellenweise sogar nach wenigen Wochen nicht mehr arbeitet; dagegen sind die Samson-Wasserableiter, bei denen das Bourdonrohr durch einen Metallschlauch ersetzt ist, stark in Aufnahme gekommen. [M 235]

Hugo Schilling.

Abb. 1 und 2. Wasserableiter „Kondensschleuse" der Samson-Apparatebau A.-G. mit Doppelventil und geschlossenem Krümmer.

[1]) DRP Nr. 399 825.
[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1037

RUNDSCHAU.

Schiffs- und Seewesen.

Elektrische Schweißung von Schiffen.

Die elektrische Lichtbogenschweißung wird heute im Schiffbau mehr und mehr verwandt, zunächst bei solchen Bauteilen, die sich durch den Gebrauch der elektrischen Schweißung billig und leicht herstellen und ersetzen lassen, wie Dichtungswinkel, Beschläge und Ausrüstungsteile.

Die guten Erfahrungen, die man mit geübten Schweißern hinsichtlich der Festigkeit von Schweißnähten und der Kostenersparnis gemacht hat, haben dazu geführt, daß man die Schweißung auch auf solche Teile auszudehnen versucht hat, die bisher ausschließlich durch Nieten verbunden und durch Verstemmen gedichtet wurden, wie Schotte, Decks, Versteifungen, Außenhautnähte und -stöße[1]). In vielen Fällen hat man jedoch diese Versuche nicht fortgesetzt, was darauf zurückzuführen ist, daß einmal die erforderliche Anzahl von geübten Schweißern und zweitens eine dem Schweißvorgang angepaßte Bauweise oft fehlten.

Hinsichtlich der Bauweise sind verschiedene Forderungen an die Schweißtechnik zu stellen, wenn sie mit dem bisher üblichen Nieten und Verstemmen im Schiffbau in Wettbewerb treten soll:

1. müssen die Schweißnaht und die angrenzenden Teile wenigstens die gleiche Festigkeit haben wie die Nietung;
2. darf die Schweißung nicht teurer sein als das Nieten und Verstemmen einschließlich der notwendigen Vorarbeiten;
3. müssen die Ausbesserungen ebenso leicht ausführbar sein wie bisher;
4. muß die Vorrichtung zur Verbindung der Bauteile gleich günstig sein wie bei gelochten Platten und Profilen, die durch Schrauben bis zum Nieten vorläufig miteinander verbunden werden, oder es muß ein besonderes Bauverfahren einen leichten Zusammenbau und leichte Verbindung der Bauteile ermöglichen;
5. muß sich der Reihenschiffbau mit der Schweißung ebenso gut durchführen lassen wie mit der Nietung.

Zur Erfüllung dieser Forderungen hat Dipl.-Ing. Strelow, Hamburg, ein Bauverfahren[2]) zunächst für kleinere Schiffe vorgeschlagen, auf das wir in Z. Bd. 66 (1922) S. 1048 kurz hingewiesen haben, und das Strelow in Fachkreisen in der letzten Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft am 20. November 1924 erläutert hat[3]).

Das durch Abb. 1 bis 5 gekennzeichnete Verfahren beruht darauf, daß zunächst die Außenhaut, soweit sie sich abwickeln läßt, auf der Helling zugelegt und stumpf zusammengeschweißt wird. Sodann werden, soweit zweckentsprechend, die Versteifungen in unterbrochener Schweißung mit der Außenhaut verbunden, wobei Flanschen an der Außenhaut weggelassen werden, Abb. 1.

Darauf wird die Außenhaut zur Schiffsform zusammengebogen, Abb. 2 und 3, und schließlich die Schotte und die übrigen noch fehlenden Bauteile eingebaut. Strelow hat diesen Arbeitsgang schon früher bei einem Motorschlepper und neuerdings auf der Deutschen Werke, Hamburg, bei offenen Kähnen von 55 t Tragfähigkeit (Hamburger Schuten) erprobt.

Wir wollen sehen, wie bei dieser Bauweise die oben gestellten fünf Forderungen erfüllt sind:

1. Die Festigkeit der Nähte und Stöße wird bei dem Verfahren von Strelow durch folgende Umstände günstig beeinflußt: Die Platten werden in denkbar günstiger Lage und an einem vor Wind und Regen geschützten Platz (Werkstätten bei kleineren Schiffen, überdachte Helling bei Schiffen mittlerer Größe) durch Lichtbogenschweißung zusammengeschweißt.

[1]) Z. Bd. 62 (1918) S. 747 u. 840; Bd 64 (1920) S. 487; Bd. 65 (1924) S. 820.
[2]) DRP Nr. 343 654, engl. Patent Nr. 180 958, span. Patent Nr. 79 542.
[3]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1276.

RZ155Z1

Abb. 1. Die Versteifungen sind mit der aus der Zulage zusammengeschweißten Außenhaut verbunden.

RZ155Z3

Abb. 3. Die in die Schiffsform gebogene Außenhaut.

RZ155Z4

Abb. 4. Innenansicht des fertig geschweißten Kahnes.

RZ155Z2

Abb. 2. Die Außenhaut wird in die Schiffsform gebogen.

RZ155Z5

Abb. 5. Außenansicht des fertig geschweißten Kahnes.

Abb. 1 bis 5. Bau eines offenen Kahnes (Hamburger Schute) nach dem Verfahren von Dipl.-Ing. Strelow.

2. Die bisherigen Erfahrungen mit dem Schlepper und Schuten haben gezeigt, daß sich eine Schweißnaht wie überhaupt die ganze Schweißarbeit bedeutend billiger herstellen läßt als wasserdichte Nietnähte in dem bisher gebräuchlichen Arbeitsgang.

3. Ausbesserungen an den geschweißten Schiffen sind schwierig, wenn man Überlappungen sowie Profile mit Flanschen an den zu versteifenden Platten wählt und obendrein diese Teile mit Vollschweißung verbindet. Wählt man dagegen Stumpfschweißung für Nähte und Stöße und bei der Verbindung von Profilen mit Platten Strichschweißung, wobei nur Profile ohne Verbindungsflansch verwandt werden, so sind Ausbesserungen an Schiffen in denkbar einfacher Weise mit dem Schneidbrenner ausführbar, wobei man nötigenfalls bei Bergungen unter Wasser arbeiten kann.

4. Den bei Verwendung des Schweißens schwierigen vorläufigen Zusammenbau von Schiffsteilen mit Hilfe von Schrauben umgeht das neue Verfahren, indem der Zusammenbau auf der Zulage ausgeführt wird, Abb. 1.

5. Daß sich die Forderungen des Reihenschiffbaues bei der Schiffsschweißung ganz allgemein leichter durchführen lassen als beim Nieten, erkennt man daraus, daß die Zahl vollkommen gleicher Platten beim Schweißen viel größer sein kann als beim Nieten, weil keine Verschiedenheiten infolge verschiedener Nietlochanordnungen vorhanden sind.

Ein Nachteil des Verfahrens ist der größere Platzbedarf auf der Helling, der allerdings durch eine größere Baugeschwindigkeit wieder ausgeglichen werden dürfte.

Zu beachten ist, daß Lloyds Register die Stumpfschweißung aus den in Z. Bd. 62 (1918) S. 747 angegebenen Gründen nicht zuläßt und die überlappte Schweißung vorschreibt. Strelow hat demgegenüber durch Versuche und im Betriebe gefunden, daß eine gut ausgeführte Stumpfschweißung der überlappten Schweißung überlegen ist. In den oben genannten Versuchsschlepper hat er einen schweren Rohölmotor eingebaut, um die Wirkung von Erschütterungen auf die Stumpfschweißung zu beobachten. Bisher hat sich kein Einfluß der Erschütterungen auf die Schweißnaht gezeigt.
naht gezeigt. [M 155] Dr.-Ing. W. Schmidt.

Gedämpfter Libellenkrängungsmesser.

Für die Beurteilung der Stabilität eines Schiffes ist es von Wichtigkeit, den Krängungswinkel zu kennen, der unter dem Einfluß eines bestimmten Krängungsmomentes entsteht.

Wird der Krängungswinkel mit einem Lot gemessen, so ist seine hinreichend genaue Bestimmung bei unruhiger See schwierig. Diesen Nachteil soll der gedämpfte Libellenkrängungsmesser, Abb. 6, beseitigen, der einer Wasserwage nachgebildet und so ausgebildet ist, daß die Luftblase seitlichen Neigungen nur so langsam folgt, daß Schlingerbewegungen das Meßergebnis nicht beeinträchtigen können. Diese Trägheit der Einstellung wird dadurch erreicht, daß man in den gekrümmten Glasrohren *a* und *b*, Abb. 6, Luftblasen von 100 mm Länge benutzt und für Übergang der gefärbten Flüssigkeit durch eine im Rohr ausgespannte Darmseite sorgt. Man ist mit solch einem Krängungsmesser in der Lage, Krängungsversuche bei genügend ruhigem Wasser auf See vornehmen zu können, vorausgesetzt, daß Krängungstanks vorhanden sind. („Werft, Reederei, Hafen" 22. Oktober 1924 S. 528.) [M 825]

Wasserkraftmaschinen.

Kaplanturbinen.

Einer der Einwände, der von verschiedenen Seiten gegen die Kaplanturbine gemacht worden ist, betrifft die Unmöglichkeit, die durch die Erfindung Kaplans geforderte Drehbarkeit der Laufradschaufeln praktisch in wirtschaftlicher Weise durchzuführen. Um ständig den bestmöglichen Wirkungsgrad der Turbine zu erzielen, müssen bekanntlich der Erfindung Kaplans zufolge die Laufradschaufeln während des Betriebes zugleich mit den Leitschaufeln verstellt werden. Diese Verstellbarkeit hielten viele Fachmänner nicht für möglich, ohne daß sich in kürzester Zeit an den beweglichen Teilen der Laufradschaufeln große Abnutzungen einstellen würden. Die Befürchtungen haben sich aber als grundlos erwiesen, wie die Erfahrungen zeigen, die man inzwischen u. a. auch an einer größeren Kaplanturbinenanlage gemacht hat. In Österreich ist seit mehr als 1½ Jahren das Kraftwerk Siebenbrunn[1]) der „Steyrermühl", Papierfabriks- und Verlagsgesellschaft, Wien, ununterbrochen Tag und Nacht im Betrieb. In diesem Werk laufen zwei von der Firma J. M. Voith, Heidenheim a. d. Brenz und St. Pölten gelieferte Kaplanturbinen, die unter einem Gefälle von 5,4 bis 6,25 m je 925 bis 1100 PS leisten und dabei je 16,4 m^3/s Wasser bei $n = 250$ Uml./min verarbeiten.

Wiederholte Nachprüfungen, deren jüngste erst in der letzten Zeit vorgenommen wurde, haben ergeben, daß trotz des Dauerbetriebes an den beweglichen Teilen des Flügelkopfes keinerlei Abnutzungen zu erkennen sind. Die von der Firma Voith gewählte Konstruktion dieses dem Turbinenbau bisher völlig fremden Maschinenteiles hat sich den Ansprüchen völlig gewachsen gezeigt und damit den Beweis geliefert, daß die von Kaplan geforderte Verstellbarkeit der Laufradschaufeln bei sachmäßiger Ausführung einwandfrei durchführbar ist.

Damit ist auf dem Wege der Entwicklung der Kaplanturbine vom Laboratoriumserzeugnis zu einer allen Anforderungen der Praxis genügenden Wasserkraftmaschine ein wichtiger Schritt getan. Das Ergebnis der erwähnten Prüfungen ist geeignet, der neuen Turbinenbauart das Vertrauen auch bisher ihr noch ablehnend gegenüberstehender Kreise zu gewinnen. [N 201]

Heidenheim a. d. Brenz. Dr. Pflieger-Haertel.

Glastechnik.

Die Gasverwendung in der Glasindustrie[2]).

Ihren Aufschwung in der technischen Entwicklung verdankt die deutsche Glasindustrie der erfolgreichen Verwendung der Gasfeuerung in den letzten Jahrzehnten. Generatorgas und Leuchtgas (ersteres für Schmelzzwecke, letzteres für die Zwecke der Weiterverarbeitung des fertigen Glases) kommen gleichzeitig in Frage.

Die schnelle Ausbreitung der Glasindustrie zwang die Hütten bald, die Holzfeuerung zu verlassen und zur Kohlenfeuerung überzugehen. Obwohl diese Umstellung Änderungen der Feuerungsanlagen mit sich bringen mußte, wurden noch längere Zeit hindurch die Öfen unmittelbar mit Kohlen in der gleichen Weise wie bei Holz beheizt. Erst die Erfindung von Fr. Siemens brachte hier eine umwälzende Änderung. Der Brennstoff wurde in einem Gaserzeuger von viereckigem Querschnitt vergast, die dazu notwendige Verbrennungsluft durch den natürlichen Saugzug eines Schornsteines zugebracht. Das erzeugte Gas wurde aus mehreren Gaserzeugern in einen Sammelkanal geleitet und durch diesen dem Schmelzofen zugeführt. Der Ofen arbeitete nach dem bekannten Regenerativverfahren. Ofen und Gaserzeuger sind in ihrer ursprünglichen Form noch heut im Betriebe zu finden; eine Glashütte ohne Siemens-Gasfeuerung ist heute undenkbar. Der Gaserzeuger mit natürlichem Schornsteinzug genügte der Forderung nach einer wirtschaftlichen Vergasung bald nicht mehr. Die Generatoren mit Unterwindzuführung verschafften sich daher Eingang in die Glasindustrie. Sie sind in zahlreichen Arten mit

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) Heft 15 S. 358.

[2]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 67 (1924) S. 753 u. 772.

Abb. 6. Gedämpfter Libellenkrängungsmesser

verschiedener Arbeitsweise auf den Markt gebracht und verfolgen den gleichen Zweck: freie Wahl des Brennstoffes, restlose Vergasung, Reglung der Leistung und Erzeugung eines Gases von hohem Heizwert bei gleichbleibender Güte. Bestrebungen, die Nebenerzeugnisse bei der Kohlenvergasung zu verwerten, verfolgten den Zweck, die Wirtschaftlichkeit der Feuerungsanlagen zu erhöhen. Generatorgasanlagen mit Urteergewinnung haben in letzter Zeit größere Bedeutung gewonnen.

Die Entwicklung der Schmelzöfen hielt mit der der Gaserzeuger gleichen Schritt. Vom einfachen Hafenofen, bei dem die Rohstoffe in einzelnen Gefäßen, den sogenannten Hafen, geschmolzen wurden, gelangte man zu den Wannenöfen. Die zahlreichen Nebenöfen, die der Weiterverarbeitung des Glases dienen, z. B. der Kühlofen, werden ebenfalls mit der einfachen und wirtschaftlichen Gasfeuerung betrieben.

Als Brennstoff sind Kohlen von guter Gasausbeute, die nicht zum Verschlacken neigen, zu wählen. Das erzeugte Gas soll hohen CO- und geringen CO_2-Gehalt haben. Ein zu hoher N_2-Gehalt ist zu vermeiden, da die Querschnitte der Gaskanäle hierauf zugeschnitten sein müssen; dies bedeutet aber eine erhebliche Verschwendung von Anlagekapital. Der Gebrauch eines Gases mit hohem Heizwert, das bei geringem Querschnitt große Wärmemengen mit sich zu führen vermag, ist vorzuziehen. Eine Änderung der Ofen- und Brennerkonstruktion ist dadurch bedingt.

Der Gebrauch von Leuchtgas zur Weiterverarbeitung des fertigen Glases kam Ende des vorigen Jahrhunderts in Aufnahme. Auch hier ist eine Entwicklung aus einfachen Anfängen heraus zu verfolgen. Man bediente sich zunächst einer einfachen Gebläselampe, die ähnlich wie unsere heutige Lötlampe arbeitete. Ein Gefäß war mit Fett, Öl oder einer flüssigen Kohlenwasserstoffverbindung gefüllt; durch den aus einem Docht brennenden Kegel wurde ein Luftstrom gepreßt, so daß eine starke Hitzeentwicklung entstand. Die Luft wurde durch einen am Gebläsetisch angebrachten Blasebalg verdichtet. Verschiedene Veränderungen an der Lampe und die Wahl anderer Brennstoffe haben das Gerät verbessert. Das Bedürfnis nach einer Flamme von gleichbleibender Leistung und größerem Wärmeinhalte führte zur Verwendung des Leuchtgases. Die Gebläselampen wurden durch Bunsenbrenner, die für die Bedürfnisse der Glasindustrie umgeändert waren, ersetzt. Die Möglichkeit einer leichten Reglung der Flamme und der vollen Ausnutzung ihrer Wärme war damit gegeben. Da die Weiterverarbeitung meist in der Heimarbeit erfolgte, entstanden in den Glasbläserdörfern kleinere Gasanstalten, die mit einem sicheren Abnehmerkreis rechnen konnten.

Ein Hauptvorteil in der Einführung der Gebläselampe mit Gasfeuerung bestand darin, daß der Flamme eine bestimmte Form gegeben werden konnte. So entstanden Brenner mit den verschiedensten Formen, mit scharfen, spitzen, breiten Flammen usw., die sich den jeweiligen Bedürfnissen anpaßten. Eine Fülle von Sondervorrichtungen für alle möglichen Zwecke der Verarbeitung lieferten den Beweis für die ausgedehnte Entwicklungsmöglichkeit auf diesem Gebiet. Die Güte der verarbeiteten Gläser wurde besser und die Arbeitsleistung erhöht, da jetzt bei guter Flammenführung ein sicheres und schnelleres Arbeiten möglich war. Die Möglichkeit der maschinellen Verarbeitung des Glases war gegeben. Die Blasebälge wurden durch kleine Kompressoren ersetzt. Die Notwendigkeit, Druckschwankungen in der Gaszufuhr zu vermeiden, führten zur Verwendung ebensolcher Kompressoren für Gas. Große Flammen konnten durch die Benutzung von Druckgasanlagen erzeugt werden. Die maschinelle Bewegung der Arbeitsstücke und der Gebläsevorrichtungen führte zum selbsttätigen Betrieb und damit zur Massenherstellung. Die Einfachheit der mit Gas betriebenen Brenner und ihre vielseitige Verwendungsmöglichkeit verdrängten die alten Arbeitsverfahren ohne Gas vollständig. [N 72] Dipl.-Ing. Mansfeld.

B+B-Lokomotive der Deutschen Reichsbahn.

Die in Z. Bd. 69 (1925) S. 420 r. Sp. 2. Abs. erwähnte Anordnung, wonach die Vorgelegewelle gegenüber der Treibachsmitte um 70 mm erhöht ist, und zum Ausgleich dieses Höhenunterschiedes und zur Ermöglichung des Federspiels eine Schlitzkuppelstange mit beweglichem Stein angewendet ist, trifft nur für die von der AEG gelieferten 27 B + B-Güterzuglokomotiven für die Strecke Magdeburg-Leipzig-Halle zu. Bei der auf der Eisenbahntechnischen Ausstellung in Seddin ausgestellten B + B-Personenzuglokomotive für die Schlesische Gebirgsbahn, von denen die AEG im Jahre 1924 fünf geliefert hat, ist die Vorgelegewelle in Höhe der Treibachsmitte angeordnet, so daß die Verwendung einer Schlitzkuppelstange mit beweglichem Stein nicht erforderlich war. Das Federspiel wird dadurch ermöglicht, daß jede der beiden in der Mitte liegenden Achsen mit der zugehörigen Vorgelegewelle durch eine angelenkte Kuppelstange verbunden ist. [N 396]

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Das Materialprüfungswesen unter besonderer Berücksichtigung der am Staatl. Materialprüfungsamte zu Berlin-Dahlem üblichen Verfahren im Grundriß dargestellt. Zweite, neu bearbeitete und erweiterte Aufl. Herausg. von Prof. Dipl.-Ing. K. Memmler, Abteilungsvorsteher am Staatlichen Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem, Dozent an der Technischen Hochschule zu Berlin-Charlottenburg. Stuttgart 1924, Ferdinand Enke. 660 S. mit 243 Abb. Preis Gm. 23,40.

Dieses Buch will kein Handbuch des Materialprüfungswesens sein, sondern vor allem über die im Staatl. Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem üblichen und bewährten Prüfverfahren unterrichten. Gegenüber der von F. W. Hinrichsen vor 12 Jahren herausgegebenen ersten Auflage zeigt die von Memmler herausgegebene zweite Auflage mannigfache Änderungen und Erweiterungen.

Im allgemeinen Teil wurden neu aufgenommen Abhandlungen von Memmler über die geschichtliche Entwicklung und von G. Schulze über die volkswirtschaftliche Bedeutung des Materialprüfungswesens.

Der die einzelnen Gebiete behandelnde Teil gibt Auskunft, was und wie im Amte geprüft wird. Neu bearbeitet wurden die Abschnitte über die wichtigsten Festigkeitseigenschaften von Metallen und Legierungen und über statische und dynamische Festigkeitsproben von G. Fick, über Dauerversuche von A. Schob und über Wärmeausdehnung von H. Sieglerschmidt. In dem anschließenden neuen Kapitel über „Maschinen und Apparate für Festigkeitsversuche sowie Eichung der Geräte" gibt G. Jensch einen recht guten Überblick über die in Deutschland gebräuchlichen Materialprüfmaschinen, Geräte zur Messung der Formänderung und die üblichen Eichverfahren.

Neu hinzugekommen sind auch die Abschnitte über die Prüfung von Seilen, Riemen, Ketten und dergl. von G. Fick, über Festigkeitsprüfungen mit Holz von J. Stamer, über elektrische Isolierstoffe von A. Schob und ein Kapitel über Farben, Lacke und sonstige Anstrichstoffe von G. Schulze und E. Kindscher, sowie über die technologische Prüfung von Leim von J. Stamer. Eine durchgreifende Umarbeitung erfuhren die Abschnitte: Chemische Analyse von Baumaterialien, Tinte, Brennstoffe, Wasser für technische Zwecke und chemische Prüfung des Kautschuks. Dafür wurden Abschnitte über heut im Amte nicht mehr vertretene Fachgebiete, so über Leder und Sprengstoffe, gestrichen.

In seiner Gesamtheit bietet das vorliegende Werk Memmlers, an dem 18 Fachleute mitgearbeitet haben, in allen Fragen der Materialprüfung einen zuverläßlichen Ratgeber, der in vielen Fällen das Studium der einschlägigen Sonderliteratur ersparen dürfte. Bei der führenden Stellung des Staatl. Materialprüfungsamtes sind die hier niedergelegten Erfahrungen von Jahrzehnten besonders wertvoll. Ein tieferes Eindringen in einschlägige wissenschaftliche Fragen ist in einem solchen Sammelwerk natürlich nicht möglich. Es gibt in knappster Form einen Überblick über das ganze weite Gebiet der mechanischen und chemischen Materialprüfung. [E 343] P. Ludwik.

Der Bau neuer Fernämter. Von Dipl.-Ing. W. Schreiber. München 1924, J. Schreiber. 217 S. m. 77 Abb. Preis Gm. 20.

Das Fernsprechwesen steht vor einem neuen bedeutsamen Abschnitt seiner Entwicklung, der sich durch die weitestgehende Einführung des Selbstanschlußbetriebes und durch die Ausführung aller einigermaßen wichtigen Fernleitungen als Kabel unter ausgiebiger Anwendung von Verstärkern kennzeichnet. Im Zusammenhang damit muß auch eine größere Anzahl von Fernämtern umgestaltet oder neu geschaffen werden. Von diesen Voraussetzungen ausgehend, entwirft der Verfasser die Grundlagen für die Entwicklung neuzeitlicher Fernämter unter Berücksichtigung der technischen und wirtschaftlichen Seite.

Der kürzere erste Teil enthält allgemeine Betrachtungen und Vorschläge, während im zweiten Teil, der an Gründlichkeit stellenweise einer Dienstanweisung nahekommt, Richtlinien für den gerättechnischen Ausbau der Ämter gegeben werden. Der Verfasser tritt entschieden für die Zusammenfassung der Anmelde- und Auskunftplätze ein und befürwortet deshalb eine hoch entwickelte mechanische Beförderung der Anmeldezettel mit Seilpost- und Förderbandanlagen, über die er genaue Angaben macht. In einem längeren Abschnitt bespricht er die technischen Vorkehrungen für die Bemessung der Zeitdauer eines Ferngespräches, wobei er

die Ergänzung des bei größeren Fernämtern gebräuchlichen Zeitstempels durch einen näher beschriebenen Zeitsignalapparat (Siemens & Halske) allgemein empfiehlt.

Der Verfasser befürwortet ferner nachdrücklich die Ausdehnung des Selbstanschlußbetriebes auf den Fernvermittelungs- und den eigentlichen Fernverkehr. In einem besonderen Anhang wird daher die zwischen Weilheim und München eingeführte Wechselstromfernwählung mit Zeitzonenzählern eingehend beschrieben. Auch von der Fernwählung Augsburg-München ist in dem Buche die Rede. Ohne die Bedeutung dieser Versuchseinrichtungen für den eigentlichen Fernverkehr, die übrigens bisher nur auf bayerischem Gebiete getroffen worden sind, zu unterschätzen, möchte ich darauf hinweisen, daß ein Teil der Fachleute dieser Neuerung mindestens abwartend gegenübersteht.

Das Buch wird jedem Fachmann der Verwaltung oder der Industrie, der mit der Planung oder der Ausführung neuer Fernämter zu tun hat, ausgezeichnete Dienste leisten.

[E 354] C. W. Kollatz.

Normung, Typung, Spezialisierung in der Papiermaschinenindustrie. Von Dr.-Ing. Heinrich Biagosch. Berlin 1924, Julius Springer. 158 S. Dinformat A 4 m. 4 Taf. Preis geb. Gm. 15.

Normung, Typung, Spezialisierung, von weiten Wirtschaftskreisen als wesentliches Mittel, die Fertigungskosten unsrer industriellen Erzeugnisse zu vermindern, längst erkannt, sind auch in der Papiermaschinenindustrie zum Teil schon durchgeführt. Welche Vorteile der einzelnen Firma durch weitgehende Typung und Spezialisierung erwachsen, zeigt der Verfasser an der Hand umfangreicher, in jahrelanger Arbeit bei der Firma Karl Krause, Leipzig, gesammelter Unterlagen. Wie die reinen Fertigungskosten durch zielbewußte Arbeit in dieser Richtung vermindert werden können, so ist es auch möglich, z. B. durch vorgedruckte Kostenanschläge für die einzelnen Maschinentypen die Arbeit im kaufmännischen Betrieb zu vereinfachen.

Musterhaft für die Arbeitsteilung (Spezialisierung) ist das Vorgehen des Verbandes Deutscher Kuvertmaschinenfabrikanten. Die Mitglieder dieses Verbandes haben sich verpflichtet, nur zwei oder drei Gattungen von Umschlagmaschinen herzustellen. So weitgehender Spezialisierung stehen sonst immer die Wünsche der Käufer entgegen, die gern ihre ganze Maschinenausrüstung von einer Firma kaufen. Hier trifft sich jedoch günstig, daß die im Verein Deutscher Briefumschlagfabrikanten zusammengeschlossenen Abnehmer sogar die Einzelaufträge ihrer Mitglieder sammeln, um größere, für den Reihenbau geeignete Bestellungen an den Verband Deutscher Kuvertmaschinenfabrikanten zu geben. Der Verfasser weist darauf hin, daß für die andern Gebiete der Papiermaschinenindustrie eine weitgehende Typung und Spezialisierung erwünscht sei, und gibt Wege zu weiterem Vorgehen in dieser Richtung an. Die Grundlage für die Normung in der Papiermaschinenindustrie ist die vom NDI vorgeschlagene und in weitem Umfange schon durchgeführte Normung der Papierformate. Auf der Formatnormung aufbauend kann man Schneidwerkzeuge, Schnittbreiten, Durchgangsbreiten usw. für Papiermaschinen normen und dadurch Typenreihen festlegen.

In einem weit über das Gebiet der Papiermaschinenindustrie hinausgreifenden Abschnitt „Verständigung im deutschen Maschinenbau" wird auf die Bedeutung weitgehender Arbeitsteilung in der deutschen Maschinenindustrie hingewiesen. Die hier gegebenen Anregungen können für die gesamte Maschinenindustrie von großem Nutzen sein. [E 391] Frank, Dipl.-Ing.

Der Sterne Bahn und Wesen. Von Max Valier. Gemeinverständliche Einführung in die Himmelskunde. Leipzig 1924, R. Voigtländer. 500 S. mit 90 Textabb. und 6 Taf. Preis geb. Gm. 12,50.

Es ist in hohem Maß erfreulich, wenn ein Schrifsteller, der nicht Ingenieur ist, ein Buch schreibt, worin neben der reinen Mathematik oder abstrakten Physik die Hilfsmittel der technisch-mechanischen Denkweise zur Erfassung schwieriger Probleme herangezogen werden. Ein solches Buch hat Valier, ein Astronom von Fach, über den heutigen Stand der astronomischen Kenntnisse und Erkenntnisse geschrieben.

Nachdem er die verschiedenen älteren und neueren Lehrmeinungen in durchaus vorurteilsfreier Weise beleuchtet hat, wendet er sich in einem besonderen Abschnitt der Welteislehre von Hörbiger zu. Im Schlußsatz seines Buches faßt er seine Auffassung über diese Lehre dahin zusammen, „daß sich Hörbigers Welteislehre nicht einfach mit der nächstbesten Neulehre auf dem Gebiete der Sternforschung vergleichen läßt, daß sie nicht bloß eine neue Theorie mehr ist, zur Deutung einiger Rätsel des Himmels, sondern daß sie aus einer völlig andern Geistesrichtung hervorwächst und wirklich eine neue Stufe menschlicher Erkenntnis darstellt. Im Gegensatz zu allen bisherigen Lehrgebäuden der Naturwissenschaft bietet uns die Welteislehre zum ersten Male die volle technische Erfassung des kosmischen Geschehens".

In dieser Anerkennung des Wertes der technischen Denkweise für ein Fach, das bisher für ein Alleingebiet der abstrakten Wissenschaften gehalten wird, liegt gerade für den Techniker ein Ansporn, sich mehr als bisher mit astrophysikalischen Fragen und Aufgaben zu beschäftigen. Und für alle, die nähere Bekanntschaft mit der Gestirn- und Welteiskunde machen möchten, aber eine unbewußte Scheu vor dem Studium der einschlägigen Bücher haben, ist Valier mit seiner eleganten und leicht verständlichen Darstellungskunst selbst der schwierigsten Gegenstände — man lese nur die Kapitel über die Mondbewegung oder über die Fixsterne, ihre Stoffnatur, ihre Wärmezustände, Entfernungen usw. — ein trefflicher Führer. Die Leser werden überrascht sein, wie leicht selbst der, der diesen Fragen bisher ferner stand, die Fühlung damit gewinnt; sie werden mit Lust und immer wachsender Anteilnahme tiefer in den Stoff einzudringen suchen. Wer Valiers Buch mit der vorhandenen astronomischen Fachliteratur vergleicht, weiß nicht, ob er mehr über die umfassenden Kenntnisse des Verfassers auf dem ganzen Gebiet bis zu den neuesten Forschungsergebnissen und Lehrmeinungen oder über die so flüssige und lichtklare Darstellung staunen soll; eine volkstümliche Astronomie dieser Art ist bisher noch nicht geschrieben worden.

Vom Laienstandpunkt gebührt dem Verfasser lebhaftester Dank für den Mut, mit dem er den Finger auf manche schwache Stelle der heutigen Wissenschaft, z. B. auf die über Gebühr bewertete Rechenkunst vieler Forscher legt; die Ingenieure müssen ihm doppelt danken, daß er als Fachastronom ihrer Denkweise die volle Bedeutung beimißt und das Lebenswerk ihres Fachgenossen Hörbiger als eine neue Stufe menschlicher Erkenntnis zeichnet. Möge das Buch, in dem ein dem Ingenieurwesen verwandter Geist lebt, besonders in Ingenieurkreisen die Beachtung finden, die es nach jeder Richtung verdient. [E 242] Dr.-Ing. eh. H. Voigt.

Statik und Festigkeitslehre. Von Max Fischer. Bd. 4: Berechnung der statisch unbestimmten Konstruktionen. T. 1. Berlin 1925, Hermann Meusser. S. 1 bis 208, Abb. 1 bis 40. Preis geb. Gm. 6.

Die Maschinenelemente in Frage und Antwort. Von Carl Kahle. H. 15: Zylinder der Kraftmaschinen. Berlin 1925, E. S. Mittler & Sohn. 117 S. m. 116 Abb. Preis Gm. 2,50.

Neuzeitliche Arbeitsvorrichtungen unter besonderer Berücksichtigung des **Motorenbaues.** Von Hans E. Scheibe u. W. Tuloschinski. Berlin 1925, Richard Carl Schmidt & Co. 371 S. m. 693 Abb. Preis Gm. 20. (Handbücher f. Motoren- u. Fahrzeugbau Bd. XX.)

Zeitgemäße Leitung einer Betriebswerkzeugmacherei und Instandhaltungsabteilung im allgemeinen Maschinenbau. Von Otto Lich. Berlin 1925, Guido Hackebeil. 61 S. m. 50 Abb. Preis Gm. 2.

Festigkeitslehre in elementarer Darstellung mit zahlr. der Praxis entnommenen Beispielen. Von Hugo Ahlberg. 6. verb. Aufl. Leipzig 1925, Max Jänecke. 148 S. m. 254 Abb. Preis Gm. 3,05.

Organisation der Maschinenfabrik. Von Fritz Wolfensberger. Berlin 1925, VDI-Verlag. 193 S. m. 58 Abb. Preis Gm. 10.

Schluß des Textteiles.

I N H A L T:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 9. MAI 1925 NR. 19

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 672.

Hauptversammlung 1925.

Das Deutsche Museum.

Von Conrad Matschoß.

(Hierzu Textblatt 4 bis 6.)

Wie das Deutsche Museum erdacht und gegründet, erschaffen und vollendet wurde.

Starke Eindrücke in der Jugend bestimmen oft maßgebend die Lebensarbeit des Mannes. Als Oscar v. Miller auf der Hochschule in München das Bauingenieurwesen studiert hatte, um dann im südlichen Bayern zuerst praktisch im Wasserbau zu arbeiten, da meldete sich bereits das Wünschen, einst am Ausbau der bayerischen Wasserkräfte mitwirken zu können. Aber noch war kein Weg zu sehen, der zum Nutzbarmachen dieser gewaltigen Kräfte führen konnte.

Da führte eigener Wille den 25-jährigen Ingenieur nach Paris zum Besuch der ersten Elektrotechnischen Ausstellung der Welt, wo Edisons Glühlampe große Zukunftshoffnungen auf Verwendung des durch große Kraftanlagen zu schaffenden elektrischen Stromes erweckte. Mit jugendfrohem Optimismus glaubte v. Miller schon jetzt die Zeit gekommen, mit dem Ausbau der Wasserkräfte zu beginnen. Zunächst sollte den weitesten Kreisen in Deutschland gezeigt werden, was die junge Elektrotechnik bereits bedeutete. In kürzester Frist entwarf er den Plan zu einer elektrischen Ausstellung in München, die er mit größtem Erfolg nach neuen Grundsätzen durchführte.

Das Deutsche Museum.

Von da geht schrittweise — meist zu langsam für den mit kühner Phantasie die Zukunft oft vorwegnehmenden Geist — die Entwicklung, die uns heut zur Inbetriebnahme riesiger Wasserkraftanlagen am Walchensee und an der Isar geführt hat. 170 000 PS stehen der deutschen Technik in Form elektrischer Energie aus diesen Werken schon jetzt zur Verfügung. So ging der eine Traum des Jünglings durch zähe Arbeit des Mannes in Erfüllung.

Bei diesem ersten Besuch in der französischen Hauptstadt besuchte Oscar v. Miller auch die berühmten Sammlungen des Conservatoire des arts et métiers, die über eine Jahrhundert gebraucht hatten, zu entstehen, die aber nun seit Jahrzehnten eine ungemein wichtige Quelle der Anregung und Belehrung für die französische Jugend boten. Mit den Sammlungen waren seit langem berühmte Schulen verbunden, an denen Männer wie Dupin, Bertholet, Gay-Lussac, Arago und Poncelet lehrten. Der geschichtliche Aufbau der Sammlungen bot ungemein anregende Einblicke in den Gang der Entwicklung.

Außergewöhnlich verstärkte sich der Eindruck von der Bedeutung solcher Sammlung für die Förderung der Tech-

nik in den breitesten Volksschichten, als Oscar v. Miller Gelegenheit hatte, kurz darauf auch London zu besuchen und hier das berühmte Technische Museum in der Museumsstadt South-Kensington kennen zu lernen. Als er hier mit leuchtenden Augen die weiten Säle durchwanderte, die Originalmaschinen von James Watt, die ersten Lokomotiven und die vielen andern großen Schätze aus der ersten großen Zeit des Maschinenbaues auf sich wirken ließ und beobachten konnte, wie besonders abends und Sonntags ganze Arbeiterfamilien die Räume durchwanderten und Anregung fanden in der Betrachtung der Werke, an denen sie zumeist selbst beteiligt waren, da wurde in ihm der zweite große Wunsch lebendig: Wenn es doch möglich wäre, auch in Deutschland

ein großes Museum der Naturwissenschaft und Technik

zu schaffen. Eine Stätte des Wissens, der Anregung und Belehrung, eine Stätte, aus der die Jugend Begeisterung zu großen Taten schöpfen kann. Und dieser Wunsch wuchs, jahrzehntelang überdeckt durch große Berufsarbeit und die Kleinarbeit des täglichen Lebens, innerlich zu immer größerer Klarheit, und es bedurfte nur eines äußeren Anlasses, um ihn mit unbeugsamer Energie zur Tat werden zu lassen.

Diesen Anlaß bot der Verein deutscher Ingenieure. Der Verein hatte sich entschlossen, einer freundlichen Einladung folgend, seine 44. Hauptversammlung 1903 in München und Augsburg abzuhalten. Der Bayerische Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure in München hatte v. Miller zu seinem Vorsitzenden gewählt, der sich überlegte, wie er diesem Besuch der deutschen Ingenieure in der bayerischen Hauptstadt ein besonderes Gepräge geben könne. Diese Überlegungen lösten in dem damals 48jährigen, auf der Höhe seines Schaffens stehenden Ingenieur die Frage aus: Ist jetzt, wo die deutschen Ingenieure aus allen Teilen Deutschlands zu vielen Hunderten nach München kommen, nicht die Zeit gekommen, das große Museum der Naturwissenschaft und Technik, so lang ersehnt, zu schaffen?

Die Frage stellen, hieß sie bejahen. Kaum zwei Monate standen bis zur Hauptversammlung zur Verfügung. Nur starker Wille und grenzenlose Hingabe an die gestellte Aufgabe konnte diese kurze Zeitspanne so nutzen, wie es geschah. Er gewann C. v. Linde, den bahnbrechenden Forscher und großen Ingenieur, und W. v. Dyck, den hervorragenden Mathematiker und feinsinnigen Gelehrten, zu begeisterten Mitarbeitern in kleinstem Kreis. Oscar v. Miller, auf den das Wort des großen Alfred Krupp: „Ein Geschäft, in dem ich arbeiten soll, könnte nicht leicht ausgedehnt genug sein," paßte, entwarf Pläne von weitausschauender Größe, und er verstand, als er am 5. Mai 1903 zum erstenmal einem Kreise geladener Gäste in München den Plan vorlegte, begeisterte Zustimmung zu erwecken. Das ganze deutsche Volk sollte sich ein Museum der naturwissenschaftlich-technischen Kulturarbeit errichten.

Sofort begannen die Verhandlungen mit der Stadt München, dem bayerischen Staat, dem Deutschen Reich, mit gelehrten Körperschaften, mit der Industrie. Die Stadt schenkte den wertvollsten Bauplatz, die Kohleninsel in der Isar, und stellte erhebliche Geldmittel zur Verfügung, der Staat Bayern überließ für ein vorläufiges Heim des Museums das alte Nationalmuseum in der Maximilianstraße, und auch das Reich vermochte v. Miller zu überzeugen, daß für solch ganz Deutschland umfassende Kulturaufgabe Geldmittel zur Verfügung gestellt werden müßten. Der Prinz Ludwig von Bayern übernahm das Protektorat. Die bayerische Akademie überließ ihre großen Sammlungen als wertvollen Grundstock dem neu zu begründenden Museum. Erhebliche Geldmittel stellten einzelne hervorragende Männer der Technik für den großen Gedanken bereit. Wertvolle Sammlungsgegenstände wurden von überall her angeboten. Das große elektrotechnische Bureau Oscar v. Millers wurde bald restlos zur Arbeitstätte für das neue Museum umgestellt.

Gründung des Museums.

Als die 44ste Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure am 30. Juni 1903 in München eröffnet wurde, da konnte, unmittelbar davor, am 28. Juni, im Beisein der Vertreter des Reiches, Bayerns, Münchens und sämtlicher 42 Bezirksvereine des Vereines deutscher Ingenieure unter dem Vorsitz des Prinzen Ludwig von Bayern der Verein „Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik" gegründet werden. Damit war die äußere Form gegeben; die gestaltende, vorwärtstreibende Kraft, die unüberwindlich erscheinende Schwierigkeiten immer von neuem überwand, blieb Oscar v. Miller.

Die Hauptversammlung nahm mit großer Freude Kenntnis von dieser für die Technik so ungemein wichtigen Gründung, die aus Ingenieurkreisen hervorgegangen war und von deutschen Ingenieuren gefördert werden sollte. Der Vorsitzende des Vereins, v. Oechelhäuser, sowie der für das nächste Jahr gewählte Vorsitzende, v. Linde, berichteten eingehend über das neue Museum. Der Verein bewilligte einen namhaften jährlichen Beitrag und stiftete für den Ehrensaal des Museums die Bildnisse von Alfred Krupp und Werner von Siemens.

Das Deutsche Museum, wie wir es heute vor uns sehen, ist nicht wie einst Athene fertig dem Kopf des Zeus entsprungen. Es ist eine organisch gewachsene Schöpfung. Das Ringen des Schöpfers mit dem gewaltigen Stoff, mit den geistigen Kräften der hervorragenden Mitarbeiter, mit der harten Notwendigkeit, das jeweils Erreichbare zu fassen, haben zwei Jahrzehnte hindurch das Werden des großen Werkes beeinflußt. Das Erreichte ist die Resultierende zahlloser Kräfte. Man stelle sich vor, was die Begriffe Naturwissenschaft und Technik heut umschließen, und man wird einen Begriff bekommen von der starken geistigen Energie, die dazu gehörte, ein uferloses Auseinanderfließen zu verhindern. Auch hier mußte sich der Meister in der Beschränkung zeigen.

Die Aufgabe des Museums.

Es war nicht nur zu entscheiden, was ausgestellt werden sollte; nicht minder wichtig war, wie es gezeigt werden sollte. Das Museum sollte ja nicht ein Magazin mehr oder weniger interessanter Gegenstände werden, nicht nur eine Sammlung für wenige historische Forscher, nein, das ganze Volk sollte Wissen schöpfen und wichtige Anregungen mit nach Hause nehmen. Die Arbeitsergebnisse der Gelehrten sollten in einem Gewande dem Besucher entgegentreten, das ihm Mut machte, sich mit ihnen zu befassen.

Was zum Verständnis nötig war, sollte das Museum selbst bieten. Wo die Originale nicht ausreichten, sollten Modelle hinzukommen, Bilder, Zeichnungen, Beschreibungen. Ein Werben um das Verstehenlernen des Vorganges läßt sich überall beobachten. Welch große geistige Arbeit stellen allein die kurzen, knappen und doch ausreichenden, an den Gegenständen angebrachten Erklärungen dar. Viele Maschinen und Apparate können die Besucher selbst in Tätigkeit setzen und auch grundlegende Versuche, ohne besondere Erlaubnis einholen zu müssen, durchführen.

Als die große Begeisterung, die Oscar v. Miller für den Gedanken des Museums zu wecken verstand, sich auszuwirken begann, da waren auch hier Schwierigkeiten zu überwinden. Dem Fachmann mit seinem umfassenden Einzelwissen genügte oft nicht das, was das Museum an Raum geben konnte. Es drohte ein Auseinanderfallen des großen Gedankens in viele Einzelmuseen. Das Wort von den vielen Wegen, die nach Rom führen, trifft auch zu für das Endziel des Museums. Je zahlreicher die Mitarbeiter, je verschiedener waren oft auch die Ansichten über den richtigen Weg.

Es war von ausschlaggebender Bedeutung für den Erfolg, daß hier eine kräftige Hand das Steuer führte, daß ein Mann an der Spitze stand, der sich nicht scheute, auch dem besten Freunde nein zu sagen, wenn die Sache es erforderte. Dies Ringen mit den geistigen Kräften der Mitarbeiter zeigte sich besonders auch in der Geschichte des Baues, wo es galt, die mit der künstlerischen Form begründeten Forderungen des großen Architekten in Einklang zu bringen mit der eigentlichen Aufgabe des Baues: dem neuartigsten Museum, für das ein Vorbild noch nicht vorhanden war, ein Heim zu bieten.

C. Matschoß: Das Deutsche Museum.

Aus dem Raume der Verbrennungskraftmaschinen. Vorn die erste 1897 gebaute Dieselmaschine, dahinter eine Heißluftmaschine von Ericsson aus dem Jahre 1860.

Ein Teil des Raumes für Gebirgsbahnen. Im Vordergrund ein Modell der Berg- und Zahnradbahnen der Schweiz. Links Modelle von Abschnitten, Lokomotiven und Wagen der Rigibahn (1870) und der Pilatusbahn (1888).

C. Matschoß: Das Deutsche Museum.

Die Halle für Luftschiffahrt mit Originalen und Modellen berühmter Flugzeuge und Luftschiffe.
Rechts ein Original-Flugapparat von Otto Lilienthal.

Aus der Abteilung für Brückenbau. Bilder und Modelle stellen die Entwicklung des Brückenbaues vom einfachen Baumstamm bis zu den neuzeitlichen Bauten dar.

C. Matschoß: Das Deutsche Museum.

Aus dem mittelalterlichen chemischen Laboratorium, das in drei Räumen die Zeit von 1500 bis 1700 umfaßt.

Experimentiertische der Abteilung Chemie, an denen an klassischen und neuzeitlichen Apparaten Versuche vorgeführt werden oder vom Besucher selbst vorgenommen werden können.

Blick durch die Abteilung für Textilindustrie. Hintereinander liegen die Räume für Spinnerei-Vorbereitung, Spinnerei und Weberei.

Der Raum „Bodenbearbeitung" aus der Abteilung für Landwirtschaft. Vorne Nachbildungen alter Pflüge. Im Hintergrunde rechts der erste Petroleum-Motorpflug von Mechwart 1896 und der erste deutsche Motorpflug von Rob. Stock 1907.

C. Matschoß: Das Deutsche Museum.

Wandgemälde von Fritz Gärtner in der Halle der Kraftmaschinen. Unter dem Bilde Teile von hölzernen Zahnrädern aus einem Tiergöpel und aus einer Windmühle.

Diorama einer alten Bergwerksgegend mit Schachteingang, Bergleuten und Wünschelrutengänger. Nach Agricola.

Modell von einem Arbeitsplatz der Unterweser-Korrektion, durch die eine Strecke von 70 km für Schiffe mit 7 m Tiefgang fahrbar gemacht wurde.

Original einer rumänischen Mühle mit Löffelrad.
Derartige Mühlen sind noch heut im Betriebe.

Blick in die Halle der Kraftmaschinen. Vorn Modelle von Kraftzentralen, in der Mitte eine der ersten Ventildampfmaschinen von Sulzer aus dem Jahr 1867.

Matschoß: Das Deutsche Museum.

Die Lokomotive „Beuth" aus dem Jahr 1841, als eine der ersten aus einem deutschen Werke hervorgegangenen Lokomotiven, gebaut von Borsig in Berlin: Nachbildung.

Modell der Kurbrandenburgischen Fregatte „Friedrich Wilhelm zu Pferde" aus dem Jahre 1670.

Erste deutsche Wechselstromlokomotive, gebaut von den Siemens-Schuckertwerken und der Hanomag im Jahre 1912.

Gasmotoren

Wirkungsweise des Viertakt-Gasmotors

Erster Takt

Zweiter Takt

Dritter Takt

Vierter Takt

Modell der Eschbach-Talsperre bei Remscheid, für Zwecke der Wasserversorgung erbaut 1891.

Länge der Staumauer an der Krone 160 m, Dicke der Staumauer an der Sohle 15 m, Inhalt des Staubeckens 1 Mill. m³.

Originale von Gasmaschinen von Otto und Langen. Über den Büsten der Erfinder die Darstellung der Wirkungsweise ihrer Viertaktmotoren.

Die Aufgabe, die hervorragendsten Vertreter der Naturwissenschaft und Technik auf dem Boden des Museums zu einer großen Arbeitsgemeinschaft zusammenzuschließen, gelang. Die Namen, die sich hier zu gemeinsamer Arbeit für das Museum fanden, hätten jeder der altberühmten gelehrten Körperschaften zur Ehre gereicht. Der große Wissenschaftler stand hier neben dem erfolgreichen Industriellen, der weltbekannte Ingenieur und Erfinder neben dem Künstler, der Philosoph und Theologe neben dem Naturwissenschaftler. Es gab kein Gebiet des Wissens und Könnens, für das nicht an irgendeiner Stelle das Deutsche Museum Verwendung hatte. Zu dieser immer größer werdenden Schar der Mitarbeiter gesellte sich ein Kreis hauptamtlich tätiger Beamter des Museums, deren pflichttreue Arbeit unerläßlich war für die Durchführung des großen Gedankens.

Wissenschaft und Technik lassen sich nicht in Landesgrenzen einzwängen, sie sind nie das Monopol nur eines Volkes; und so war es von vornherein erwünscht und notwendig, Beziehungen auch über Deutschland hinaus zu knüpfen. Die werbende Kraft der großen Idee zeigte sich auch hier. Studienreisen nach Österreich-Ungarn, nach Italien, der Schweiz, nach Holland, Frankreich und England, nach Schweden und den Vereinigten Staaten von Amerika trugen für das Museum reiche Früchte in Form von wichtigen Anregungen und Austausch von Sammlungsgegenständen und Gewinnung persönlicher Mitarbeit.

Das provisorische Museum.

Mit der Sammlung der Museumsgegenstände und ihrer Verarbeitung war es nicht getan. Das Museum mußte ein Heim haben. Viele waren damals der Ansicht, der Neubau wäre das Nächste. Erst wenn er fertig wäre, solle man das Museum eröffnen. Oscar v. Miller war andrer Meinung. Das Feuer der Begeisterung für den Gedanken mußte am Brennen erhalten werden, und er wußte, wie ungleich stärker als das Wort die Tat wirkt. Es gelang ihm, bereits im Herbst 1905 im alten Nationalmuseum Sammlungen von einem Wert und einer Ausdehnung der allgemeinen Besichtigung zugänglich zu machen, daß auch der ungläubigste Thomas bekehrt wurde.

Der Ausdruck „provisorisches" Museum wollte vielen nicht passend erscheinen, so sehr waren die Erwartungen übertroffen worden. Zu den Sammlungen in der Maximilianstraße gesellten sich neue große Abteilungen in der alten Isarkaserne. Diese Sammlungen wurden für das Museum zugleich zu einer großen Studien- und Versuchsanstalt. Hier konnten die großen Ideen durchreifen, die einst im Neubau verwirklicht werden sollten. Man sammelte auch Erfahrung mit dem Publikum im großen Stil. Dies Museum war wirklich für den Besucher da; das merkte man an der langen Besuchzeit, an der stets bereiten Hilfe der Beamtenschaft, an den organisierten Führungen, an den volkstümlichen Vorträgen. Mit durchschnittlich 300 000 Besuchern im Jahr ließ dies provisorische Museum bei weitem alle andern Museen zurück.

Der Neubau des Museums.

Der Beweis für die Durchführbarkeit und die Zugkraft des großen Gedankens war erbracht. Mit größter Tatkraft wurde an der Durchführung des Neubaues auf der Isarinsel gearbeitet. Die ersten Pläne hatte Oscar v. Miller bereits am 28. Juni 1903 der Gründungsversammlung vorgelegt. Ein von Gabriel v. Seidl, dem großen Architekten, 1905 ausgearbeiteter Entwurf wurde schließlich angenommen, mußte sich aber aus dem Verwendungszweck heraus noch viel umwälzende Änderungen gefallen lassen. Am 13. November 1906 konnte bereits in besonders feierlicher Weise der Grundstein gelegt werden.

Der Gedanke v. Millers war, ein Haus zu schaffen, so vollkommen in der Bauart und Ausführung, so durchdacht in allen seinen Einzelheiten, daß der Riesenbau selbst als bedeutsamstes Museumsstück mit Recht ein Meisterwerk der Technik genannt werden konnte. Ihm gelang es, selbst die in Wettbewerb stehenden Firmen und Einzelpersonen zu Arbeitsgemeinschaften zusammenzuschließen, die selbstlos ihr ganzes Können und ihre Erfahrungen in den Dienst der großen Aufgabe stellten.

Auch die große Idee, wie einst die Bürger in unsern alten Städten, sich mit all ihrem Können gegenseitig helfend, die großen Dome und Rathäuser sich und ihrer Stadt zum Ruhme selbst erbauten, so sollte jetzt die deutsche Technik und Industrie diesen einzigartigen Ruhmestempel wissenschaftlich-technischer Leistung aus sich heraus erstehen lassen, ging in Erfüllung. Nicht nur große Geldmittel, sondern vor allem auch riesige Mengen wertvollster Baustoffe, wichtigste Teile innerer Einrichtungen, kamen aus allen Teilen Deutschlands frachtfrei auf deutschen Bahnen nach München. Wo aber Arbeitsleistung zu bezahlen war, da galt es bald als Ehrenpflicht, mit dem denkbar geringsten Wert vorlieb zu nehmen. Die Stadt München gewährte für alle Zeiten freie Heizung und Beleuchtung. Der Staat übernahm auf seinen Haushalt die Beamten des Museums.

1915 sollte das Museum eröffnet werden. Da kam der Krieg, sein unglücklicher Ausgang und die furchtbar schwere Zeit nach dem Krieg. Auch die stärksten Persönlichkeiten begannen zu zweifeln, ob es jetzt noch möglich sein würde, solch große Kulturaufgaben in unserm armen Vaterlande durchzuführen. Nun erst recht! war die Ansicht Oscar v. Millers. Wenn eines uns erretten und unsern Aufstieg vorbereiten kann, so ist es vertiefte, wissenschaftliche Arbeit in technischer Richtung. Das Deutsche Museum stand erst jetzt vor seiner größten Aufgabe.

Noch einmal wurde der unbeugsame Wille: durchzuhalten um jeden Preis, auf eine harte Probe gestellt. Es kam der Zusammenbruch unsrer Währung. Millionen verwandelten sich in Bruchteile von Pfennigen. Alles auch jetzt noch freudig gespendete Geld zerfloß unter den Händen, und sachkundige Freunde rieten, wenn auch noch nicht zum Aufgeben des Planes, doch zu ganz langsamem Weiterschreiten.

Oscar v. Miller widersetzte sich. Wenn Deutschland wirklich zu arm sei, um das fast vollendete Werk zu Ende zu führen, was er nie glauben werde, dann sei er entschlossen, die wertvolle Bibliothek und einen Teil der Sammlungen in Dollar zu verwandeln und mit diesem Ertrage das Werk zu Ende zu führen. In überaus eindruckvoller Form rief er dem Vorstandsrat damals zu: „Deutschland hat 30 000 Lokomotiven; nur den Wert einer einzigen Lokomotive brauchen wir noch, um das Werk zu dem Abschluß zu bringen, der es für die Öffentlichkeit zu größtem Nutzen werden läßt!"

Die Vollendung.

Angst und Sorge wurden gebannt. Jeder, der diese Sitzung hat erleben können, wußte, der Mann hinter diesem Werk erklimmt auch diesen Berg. Nun erleben wir die vollendete Tat. Freilich auf manches mußte man verzichten oder es doch für spätere Zeit zurückstellen. Hierhin gehört vor allem der große Bibliothekbau mit seinen Lese- und Vortragsälen. Aber das Museum selbst wird am 70ten Geburtstag seines Begründers, am 7. Mai dieses Jahres, auch die größten Erwartungen seiner Besucher übertreffen. 14 Kilometer lang ist der Besuchsweg, der uns über die 23 000 Geviertmeter nutzbare Fläche, der uns durch die 276 000 Kubikmeter umbauten Räume führen wird. Ununterbrochen wird das Museum werk- und feiertags von früh 9 bis abends 9 Uhr für alle Besucher geöffnet sein.

Wie der gewaltige Bau entstanden ist, wer an ihm geschaffen hat, wem er dient und welche Fülle an einzelnen wertvollen Gegenständen die 67 Hauptabteilungen enthalten, das soll die Denkschrift sagen, die auf dem Boden der im Deutschen Museum zur Tradition gewordenen Gemeinschaftsarbeit entstanden ist[1]).

[1]) Das Deutsche Museum. Geschichte, Aufgaben, Ziele. Im Auftrage des Vereines deutscher Ingenieure unter Mitwirkung hervorragender Vertreter der Technik und Naturwissenschaften bearbeitet von Conrad Matschoß. Berlin und München 1925, Verein deutscher Ingenieure, VDI-Verlag G. m. b. H., R. Oldenbourg. Die Schrift, an der 32 Mitarbeiter beteiligt sind, umfaßt 320 S. mit 400 Abb. Preis ℳ 20.

Die vorliegenden Ausführungen sind im wesentlichen Teil als Einleitung in die Denkschrift aufgenommen worden.

Große Werke tragen den Keim zur

Weiterentwicklung

in sich, und eine Anstalt, die sich auf dem Entwicklungsgedanken aufbaut, kann nie fertig werden. Man konnte in dem Jahr, als das Museum wurde, wohl manchmal hören, Oscar v. Miller glaube, München solle für alle Zeiten die einzige Stadt Deutschlands bleiben, die ein großes technisches Museum habe. Nichts war verkehrter als diese Auffassung. Oft hat er der Hoffnung Ausdruck gegeben, das Deutsche Museum in München möge einst die Anregung geben zur Gründung vieler technischer Museen, die noch nötiger seien als Gemäldesammlungen. Denn für die große Masse unsres Volkes werde in immer steigendem Maße die Technik zu der Kunst, die unsrer ganzen Zeit ihr Gepräge aufdrückt.

Und wer wußte mehr, was trotz der Riesenleistung in München auf diesem Gebiete noch zu tun übrig blieb? Warum sollte nicht im großen rheinisch-westfälischen Industriegebiet einst ein großes Sondermuseum für Kohle und Eisen, in Berlin für Elektrotechnik und das Verkehrswesen, in Hamburg für Schiffbau und Schiffsverkehr entstehen? Das Deutsche Museum versprach allen gesunden Unternehmungen dieser Art selbstlose Unterstützung.

Eine andre große Entwicklungslinie hat W. v. Dyck in seiner gerade jetzt wieder so besonders wertvollen Rektoratsrede: „Über die Errichtung eines Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München", 1903 bereits gezeigt, wie der Inhalt des Museums sich durch die wissenschaftlichen Arbeiten, die sich daran anschließen, erweitern werde. Und er fährt fort: „Das Museum umfaßt nicht nur die Sammlung historischer und aktueller Werke der Erforschung und Erfindung auf naturwissenschaftlichem und technischem Gebiet, es umfaßt als einen lebendigen Organismus alle seine Glieder, die zu gemeinsamer Betätigung — sei es für die Sammlung der Objekte selbst, sei es für die daran anknüpfende wissenschaftliche Arbeit — sich zusammenfinden."

Aus dieser großen Arbeitsgemeinschaft, die das Deutsche Museum darstellt, kann und wird die große Geschichte der Naturwissenschaft und Technik hervorgehen, die, von den ersten Kennern dieser Gebiete verfaßt, zu einem für alle Zeiten wertvollen Dokument unsrer Zeitepoche werden wird. [B 378]

Die im Besitze des Museums stehende erste von Freund 1816 gebaute Dampfmaschine, die bis 1902 in Betrieb war.
262 mm Zyl.-Dmr, 890 mm Kolbenhub, rd. 2 at Überdruck, 25 Uml./min, 10 PS.

Technisch-wissenschaftliche Forschung in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Vorgetragen in der 65. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Augsburg.

Von Prof. Dr.-Ing. A. Nägel, Dresden.

Auf Grund einer Studienreise im vergangenen Jahre nach den Vereinigten Staaten von Amerika berichtet der Verfasser über die amerikanischen Institute der technisch-wissenschaftlichen Forschung, die entweder Privatinstitute der Industrie, Stiftungsunternehmungen oder Regierungsinstitute sind. Auffällig ist das Zurücktreten der Universitätsinstitute in bezug auf diese Forschungsrichtung. Bemerkenswert und für die deutsche Forschung bedrohlich sind die gewaltigen Geldsummen, die die Vereinigten Staaten auf die technisch-wissenschaftliche Forschung verwenden.

Im Sommer des vergangenen Jahres beauftragte mich der Vorstand des Vereines deutscher Ingenieure, eine Studienreise nach den Vereinigten Staaten von Amerika zu unternehmen, die in erster Linie dem Besuche der Lehr- und Forschungsstätten technisch-wissenschaftlicher Richtung dienen und dadurch einen Vergleich bieten sollte mit dem Stande unsrer deutschen Forschung und Lehre. In zehnjähriger hermetischer Abgeschlossenheit vom Auslande, gepeitscht von den Augenblicksforderungen des Krieges und eingeengt durch die wirtschaftliche Not der Nachkriegzeit hatte die deutsche technisch-wissenschaftliche Lehre und Forschung den Anschluß an ihre Vergangenheit verloren und die Beziehungen zur ausländischen Entwicklung eingebüßt. Damit fehlte ihr jeder Maßstab für die Beurteilung ihrer eigenen Leistungsfähigkeit, an deren Erstarkung uns gerade in der Gegenwart außerordentlich viel gelegen sein muß.

Nachdem in den letzten Nachkriegjahren viele wirtschaftlich eingestellte Persönlichkeiten und Vertreter der schaffenden Technik den Weg in die Vereinigten Staaten gefunden und auf ihrem Fachgebiete wertvolle Anregungen gesammelt hatten, hat es der Verein deutscher Ingenieure sich zur Aufgabe gemacht, die technisch-wissenschaftliche Seite des Schaffens und Wirkens in der Union zu durchforschen. Unter der Reihe der Männer, die der Verein deutscher Ingenieure zu diesem Zwecke hinausschickte, war ich wohl der erste. Neben dem Auftrag zum Studium der amerikanischen technisch-wissenschaftlichen Forschungsstätten und der entsprechenden Universitätsfakultäten lag mir noch die Aufgabe ob, die Entwicklung der amerikanischen Dieselmaschine zu beobachten, worüber ich an anderer Stelle Bericht erstatte[1]). Im Rahmen dieses Vortrages will ich mich auf die technisch-wissenschaftliche Forschung in den Vereinigten Staaten beschränken, wobei jedoch auf Grund der mannigfachen Berührungspunkte und gegenseitigen Überschneidungen das Motiv der Lehre ab und zu in die Betrachtung einbezogen werden muß.

Vergleich mit der Hochschulforschung in Deutschland.

Als kennzeichnenden Unterschied zu den deutschen Forschungen technisch-wissenschaftlicher Richtung haben die amerikanischen Forschungsarbeiten bei weitem nicht den gleichen inneren Zusammenhang mit den technischen Fakultäten der Universitäten wie bei uns mit den Technischen Hochschulen und den naturwissenschaftlichen Lehrstätten der Universitäten. Die amerikanischen Lehrstühle beschränken sich fast durchweg auf die Lehrtätigkeit. Nur an der Universität des Staates Illinois in Urbana, der Universität Cincinnati, der Harvard-Universität und dem Massachusetts-Institute of Technology in Cambridge bei Boston bin ich technisch-wissenschaftlichen Forschungsarbeiten begegnet, die der an unsern Hochschulen heimischen Forschertätigkeit der akademischen Lehrer vergleichbar wären.

Es ist fraglos für die Beurteilung unserer eigenen Zustände wertvoll, nach den inneren Gründen Umschau zu halten, die diese Verschiedenheit der Entwicklung veranlaßt haben. Meine Reiseeindrücke lassen mich den Hauptgrund in der Tatsache erblicken, daß das Ziel des technischen Studiums und daher auch das der Arbeitsweise der akademischen Lehrer in den Vereinigten Staaten in ganz andrer Richtung als bei uns liegt. Wir suchen den Studenten in erster Linie die inneren wissenschaftlichen Zusammenhänge der tausendfältigen Erscheinungen der Technik zu erschließen, um ihn in den einzelnen Sonderrichtungen auf Grund einer soliden mathematisch-naturwissenschaftlich gut vorbereiteten Grundlage an die neueren Probleme heranzuführen, mit denen als gegenwärtigen Spitzenleistungen sich die neuzeitliche Technik befaßt. Der amerikanische Hochschulunterricht legt dagegen seinem ganzen Aufbau nach das Hauptgewicht auf das Erreichen eines Klassenzieles, das möglichst von allen Teilnehmern einer Vorlesung erlangt werden soll. Das Tempo dieses Unterrichts, der durch Zwischenfragen an die Hörer, durch Hausaufgaben usw. einen durchaus schulmäßigen Charakter trägt, ist daher durch die Rücksicht auf das Aufnahmevermögen der minderbegabten Studierenden an enge Grenzen gebunden, weshalb das Gesamtstudium an unsern Universitäten und Technischen Hochschulen ohne Zweifel einen viel größeren wissenschaftlichen Umfang beherrscht und daher auch zu viel tieferem Eindringen in die behandelten Probleme Gelegenheit bietet. Dem deutschen Hochschulunterricht schwebt seinem Wesen nach im Gegensatz zum amerikanischen die Absicht vor, in erster Linie Spitzenbegabungen zur Entfaltung zu bringen und sich nicht durch diejenigen Teilnehmer hemmen zu lassen, denen es an dem vorausgesetzten Ausmaß der Beanlagung und des Fleißes fehlt.

Weder bei dem akademischen Lehrer, noch bei dem Studierenden erweckt der Charakter des amerikanischen Studiums die unwiderstehliche Neigung, den Rahmen der vorhandenen Forschungsergebnisse zu erweitern und deren innere Beziehungen zu vertiefen. Hierzu trägt weiterhin der Umstand bei, daß das amerikanische Studium technischer Richtungen auch in der Auswahl seines Lehrstoffes Wege zu beschreiten pflegt, die von den unseren grundlegend abweichen. Nachdem die ersten College-Jahre des amerikanischen Studiums in mathematischem, naturwissenschaftlichem und fremdsprachlichem Unterricht dazu gedient haben, um etwa im Lebensalter von 20 Jahren den Unterbau zu liefern, der unsrer Reifeprüfung entspricht, setzt das Fachstudium ein, in dessen Mittelpunkt die Fragen des praktischen Betriebes und der wirtschaftlichsten Massenherstellung stehen. Die Laboratoriums- und Konstruktionsübungen stehen lediglich im Dienste dieser Aufgaben und verzichten bewußt auf das tiefere Eindringen in den Zusammenhang der Beobachtung des technischen Vorganges mit der grundlegenden naturwissenschaftlichen Erkenntnis.

Ich bin weit davon entfernt, mit dieser Kritik die sich mir beim Besuche von neunzehn angesehenen amerikanischen Universitäten geradezu aufgedrängt hat, eine Geringschätzung aussprechen zu wollen, etwa in dem Sinne, daß ich unsere Unterrichtsmethoden für den Boden der Vereinigten Staaten für erfolgreicher erklären möchte. Ich sehe vielmehr in dem gewaltigen Bedarf, den die Vereinigten Staaten an technischen Erzeugnissen hatten und fortgesetzt haben, eine innere Berechtigung für die eingeschlagene Richtung des technischen Studiums. Ihre Hauptstütze dürfte jedoch in der für unsere Beurteilung maßgebenden Tatsache begründet liegen, daß ein Land wie die Vereinigten Staaten in bezug auf die Erziehung seiner geistigen Kräfte von vornherein auf das System der Autarkie verzichten kann, an das die europäischen Kulturstaaten durch die Auswirkung ihrer nationalen Würde und ihrer geschichtlichen Entwicklung aufs strengste gebunden erscheinen.

Die Vereinigten Staaten, die ohnehin bisher alljährlich einen Zustrom von dreiviertel bis zu einer Million Menschen aufnahmen und diese, unbekümmert um ihre angestammte Nationalität, binnen kürzester Frist fast restlos amerikanisierten, haben im Gegensatze zu uns die Möglichkeit, sich für jeden besonderen Zweck, dem sie durch eigene Erziehung nicht genügen können, hochwertige Kräfte europäischer Geisteszucht dienstbar zu machen. Demgemäß kann

[1]) s. S. 629 dieses Heftes.

die eigene Erziehung zielbewußt ganze große Gebiete des geistigen Fortschritts mehr oder weniger unberücksichtigt lassen, für die Europa die Träger zu stellen imstande ist.

Im Einklange mit dieser Ablehnung der Forschungstätigkeit seitens der amerikanischen Hochschulinstitute steht die geradezu typische Sehnsucht des jungen Amerikaners, sich möglichst rasch wirtschaftlich selbständig zu machen. Die in den Vereinigten Staaten herrschende Voreingenommenheit gegen einen Beruf, dessen geldliche Aussichten bescheiden und dabei noch unsicher sind, läßt bei der männlichen Jugend keinen Forschungsdrang aufkommen, dessen Befolgung in erster Linie materielle Entsagung und unüberwindliche Geduld erfordert. Den amerikanischen Universitäten fehlt aus diesem Grunde der Privatdozent, für dessen Einstellung zu den Berufspflichten dem Amerikaner das Verständnis abgeht. Damit gibt die amerikanische Hochschule, an der nicht einmal die Promotion durchweg an eine selbständige wissenschaftliche Arbeit geknüpft ist, eine Quelle wissenschaftlicher Forschung preis, der das deutsche Hochschulwesen eine Fülle wissenschaftlicher Errungenschaften verdankt.

Aus all diesen Gründen erklärt es sich, daß die technisch-wissenschaftliche Forschung in den Vereinigten Staaten bis auf wenige Ausnahmen in den Hochschulen keine solche Pflegestätte findet, wie wir in Deutschland gewöhnt sind. Der amerikanischen Forschung technisch-wissenschaftlicher Richtung haben sich drei andre Entwicklungsmöglichkeiten geboten, die bei uns wohl auch ausgenutzt werden, aber in dem Grad ihrer Entfaltung doch verhältnismäßig weit hinter der amerikanischen Parallele zurückgeblieben sind. In erster Linie hat die Privatindustrie zum Teil mit außerordentlich großen Mitteln Forschungsinstitute geschaffen. Diese fördern grundlegende Probleme des betreffenden industriellen Werkes oder der Gruppe von Werken, die gemeinsam die geldliche Unterhaltung des Institutes übernommen haben. Weiterhin werden ausgedehnte Forschungsinstitute verschiedener Richtungen aus dem Ertrag großer Stiftungen unterhalten. Schließlich hat die Regierung der Vereinigten Staaten umfangreiche Forschungseinrichtungen ins Leben gerufen. Hiernach ist also zwischen Forschungsinstituten der Industrie, Stiftungs-Forschungsinstituten und Forschungsinstituten der Regierung zu unterscheiden.

Die Forschungsinstitute der Industrie sind entweder einem Einzelunternehmen eingegliedert oder von einer kleineren oder größeren Anzahl gleichartiger Werke errichtet. Im letzteren Falle spricht man von „cooperativer" Forschung. Besonders auffallend ist hierbei, daß sich nicht alle Industriezweige, deren Erfolg nach unseren Begriffen wesentlich vom Fortschritt der Forschung abhängt, auf eigene Forschungsarbeiten zu stützen pflegen. Außer der Automobilindustrie und der elektrotechnischen Industrie weist der Maschinenbau verhältnismäßig sehr wenig Neigung zu forschender Tätigkeit auf. Weit weniger als in deutschen führenden Firmen des Maschinenbaues ist man drüben bereit, für beabsichtigte grundlegende Forschungen, die nicht im unmittelbaren Zusammenhang mit den Tagesaufgaben des Werkes stehen, sondern auf weite Sicht mit vorläufig ganz unbestimmtem Ziel in Angriff genommen werden, Kraft und Geld zur Verfügung zu stellen. Man verläßt sich in bezug auf derartige Aufgaben des Maschinenbaues ganz auf die Lösungen, die die europäische Arbeit zutage fördern wird und deren man sich auf dem Wege von Lizenzen oder verwandten kaufmännischen Beziehungen zu bemächtigen gedenkt, nachdem die Geburtswehen und Kinderkrankheiten überwunden und lebenskräftige, erprobte Konstruktionsformen gefunden sind.

Kennzeichnend war für mich der Ausspruch des Chief Engineers einer großen Schiffswerft, die die Dieselmaschinen in ihr Programm aufnehmen wollte und sich um europäische Lizenzen bemühte. Er erklärte die Maschinenindustrie der Vereinigten Staaten für ungeeignet, bei der Entwicklung der Großdieselmaschine neue Richtungen einzuschlagen, da ihr die erforderlichen Versuche viel zu teuer zu stehen kämen, jedenfalls viel teurer als die Lizenzen, die man an die europäische Industrie für bereits fertig durchgebildete und erprobte Maschinenformen zu zahlen habe. Nach seiner Ansicht müsse die europäische Industrie von der amerikanischen als das wirtschaftlichste Versuchslaboratorium für neue Entwicklungsgedanken betrachtet werden.

Im Gegensatz hierzu haben die Automobilindustrie und die elektrotechnische Industrie sich auf Grund ihrer gewaltigen Entfaltung innerhalb der Vereinigten Staaten nicht nur auf dem Gebiete der Massenherstellung, sondern auch in der grundlegenden Erforschung und Verbesserung der konstruktiven Gestaltung und der mit ihr beabsichtigten Arbeitsvorgänge vom europäischen Fortschritt schon längst unabhängig zu machen verstanden, um für uns — nicht nur in der Anwendung vorteilhafter Herstellungsverfahren — sondern auch auf dem Gebiete reiner, planmäßiger Forschung zu Vorbildern zu werden, denen es nachzueifern gilt.

Unter der Mitwirkung der Regierung und der großen beruflichen technischen Vereine ist im Jahre 1916 ein „Nationaler Forschungsrat" (National Research Council) begründet worden, auf den ich noch ausführlich zurückkomme und den ich hier wegen seiner Statistik über industrielle Forschungsinstitute nenne. Diese Statistik weist im Bericht Nr. 16 vom Dezember 1921 aus der gesamten Industrie der Vereinigten Staaten 526 Forschungsstätten auf und gibt in der Form eines Adreßbuches das Wichtigste über die Bauten, die Ausstattung und die Tätigkeit dieser Institute an.

Wenn wir auch berücksichtigen müssen, daß der Amerikaner bestrebt ist, die Begriffe der Forschung und der Wissenschaft wesentlich weiter auszudehnen, als es unser Sprachgebrauch zuläßt, so gewinnt man bei der Durchsicht dieses umfangreichen Berichtes an der Hand des Maßstabes, den man sich durch die Besichtigung einer Reihe der bedeutenderen und der weniger bemerkenswerten Institute verschafft hat, doch den unwiderleglichen Nachweis von der gewaltigen Entwicklung, der das amerikanische Forschungswesen in der schaffenden Technik zustrebt.

Im Jahre 1924 gab es, wie Maurice Holland, ein Mitglied der Verwaltung des Nationalen Forschungsrates, in einem im Juli des vergangenen Jahres in Prag gehaltenen Vortrag „Industrial Research in the United States" mitteilte, in den Vereinigten Staaten bereits 578 industrielle Institute, die alle etwa in den letzten 25 Jahren entstanden waren. 70 vH davon entfallen auf das östliche Gebiet der Vereinigten Staaten, das östlich und westlich durch die Städte Boston und Chicago, nördlich und südlich durch Detroit und Pittsburgh gekennzeichnet ist und etwa den zwanzigsten Teil des Gesamtflächenraumes der Vereinigten Staaten einnimmt. Diese Konzentration steht im Einklang mit der Verteilung der Industrie, an die sich diese Forschungsinstitute anlehnen. Maurice Holland, dem ich die meisten statistischen Angaben dieses Vortrages verdanke, beziffert den Gesamtbetrag, der jährlich in den Vereinigten Staaten für alle industriellen Forschungsinstitute aufgebracht wird, auf 75 Mill. Dollar. Eine weitere Statistik lehrt, daß von diesen Kosten jährlich 41 Mill. Dollar für rein wissenschaftliche Forschungsarbeiten aufgewandt werden, und daß hierzu 14 Mill. von der Regierung und die restlichen 27 Mill. aus Privatmitteln verausgabt werden. Die Zahlen zeigen den starken Willen der Industrie und der sonstigen privaten Stifter, technisch-wissenschaftliche Forschung zu unterstützen.

General Electric Company.

Um einige Beispiele zu nennen, erwähne ich das Forschungslaboratorium der General Electric Company in Schenectady unter der Leitung von Dr. W. R. Whitney. Es ist in fünf Stockwerken eines siebenstöckigen großen Gebäudes am Eingange der Fabrik untergebracht und nimmt eine Grundfläche von rd. 8300 m² ein, die sich auf 132 Räume verteilt. Im ganzen sind in diesem Institut 260 Mann beschäftigt, von denen 80 über eine abgeschlossene Ausbildung als Physiker oder Ingenieur verfügen. An führender Stelle befinden sich einige, die für ihre Studien Deutschland aufgesucht haben.

Die Ausstattung des Laboratoriums ist außerordentlich reich. In jedem Arbeitsraum befinden sich Anschlüsse an die Trink- und die Flußwasserleitung, für Leuchtgas,

für Druckluft, für hohen Unterdruck, für hochgespannten Wasserstoff, für niedrig gespannten Wasserstoff, für Sauerstoff, für Hochdruckdampf, für Niederdruckdampf, für den Staubsauger und für destilliertes Wasser, außerdem elektrische Leitungen für die verschiedensten Stromgattungen. Versuche, die 20 000 A oder 200 000 V oder Temperaturen von — 200 bis zu + 3000 °C oder stark reduzierenden oder oxydierenden Einfluß von Gasen erfordern, können mit den planmäßigen Einrichtungen jederzeit durchgeführt werden.

Ein reges Treiben erfüllt alle Arbeitsräume des Laboratoriums, das sich mit allen erdenklichen Aufgaben der Stark- und Schwachstromtechnik befaßt und aus dem bereits namhafte Erfindungen wie z. B. die Coolidge-Röhre und die von Dr. J. Langmuir erfundene Mazda-„C"-Lampe hervorgegangen sind. Das Laboratorium dehnt seinen Arbeitsbereich im Einklange mit dem Programm der Werkstätten über die Grenzen der Elektrotechnik aus und beschäftigt sich mit der experimentellen Erforschung der Schwingungen, die bei Dampfturbinen auftreten, mit der weiteren Vervollkommnung eines graphithaltigen Lagermetalls, das selbst beim gänzlichen Ausbleiben der Schmierung das Fressen der Zapfen ausschließt, usw.

Ein mit allen Vorführungsmitteln ausgestatteter Hörsaal versammelt allwöchentlich einmal alle wissenschaftlichen Angestellten des Institutes, wobei Berichte über die jeweiligen Arbeiten des Instituts erstattet werden.

Innerhalb des Werkes in Schenectady verfügt die General Electric Company noch über ein Allgemeines Ingenieur-Laboratorium, das z. B. die durch den Höchstdruckdampf sich ergebenden Aufgaben in Angriff genommen hat. In innerer Beziehung zu diesem Laboratorium steht auch die 2000 kW-Quecksilberdampfturbine[1]), die von Dr. W. L. R. Emmet entwickelt und im Kraftwerk der Hartford Electric Light Company in Hartford, Connecticut aufgestellt wurde.

Die jährlichen Ausgaben der General Electric Company für die Forschungslaboratorien in Schenectady und für ein Institut in Lynn, das sich mit den Fragen der Glühlampenherstellung befaßt, belaufen sich auf 3 Mill. Dollar. Hiermit jedoch ist die forschende Betätigung der General Electric Company bei weitem nicht erschöpft. Ihr jährlicher Gesamtaufwand für Forschungszwecke wird auf etwa 6 Mill. Dollar geschätzt. Sie ist außerdem vor allem die Trägerin des Institutes Nela-Park in der Umgebung von Cleveland, Ohio, dessen Namen aus den Anfangsbuchstaben der National Electric Light Association gebildet wurde.

Diese Gruppe von Laboratorien, den in Druckschriften der Name „University of Light" oder „University of Industry" beigelegt wird, ist eine sehenswürdige, schloßartige Anlage, die sich in einen groß angelegten Park einfügt. Dem herankommenden Besucher verrät der Anblick der Laboratorien nicht den Zweck ihres Bestehens. Er ist geneigt, auf einen herrschaftlichen Sommersitz zu schließen, und jedenfalls weit entfernt von der Vermutung, daß in diesen sich auf ansteigendem Parkgelände malerisch gruppierenden Monumentalbauten beinahe 1000 Menschen das Ziel verfolgen, die Entwicklung der elektrischen Beleuchtung in wissenschaftlicher, in technischer, in hygienischer, in sicherheitlicher, in wirtschaftlicher, in ästhetischer oder in irgendwelcher andern Richtung vorwärts zu treiben.

In einem Glashaus auf dem Dache des großen Hauptgebäudes brennen Tag und Nacht rd. 10 000 Lampen der verschiedensten Größe und Bauart, deren Eigenarten beobachtet und aufgezeichnet werden. In einem besonderen Gebäude stellt man wissenschaftliche Versuche mit allen erdenklichen Lichtträgern an, um gegebenenfalls auf eine neue Möglichkeit der Ausnutzung elektrischer Energie zur Lichterzeugung zu gelangen. Hier werden phosphoreszierende und fluoreszierende Stoffe auf ihre Fähigkeit untersucht, durch elektrischen Anreiz ihre Leuchterscheinungen zu steigern usw. Ein weiteres Gebäude enthält eingerichtete Wohnzimmer, in denen die verschiedensten Beleuchtungsarten in hygienischer und ästhetischer Hinsicht geprüft werden. Vor allem wird hier die Wirkung farbigen Lichtes gezeigt. Als eine Besonderheit, für die der Europäer kaum Verständnis haben dürfte, sieht man aus den Fenstern auf beleuchtete Landschaftskulissen, die den in den Steinwüsten der Großstadt lebenden Menschen in die Stimmung des stetigen Sommeraufenthaltes versetzen sollen.

In einem andern Gebäude ist eine Werkstatt untergebracht, auf deren Werkbänken die verschiedensten Arbeitsstücke liegen. Die Beleuchtung dieser Werkstatt wird mit einem Schaltergriff auf alle möglichen Arten bewirkt, um nachzuweisen, welche Vorteile für die Genauigkeit und Schnelligkeit der Arbeitsverrichtung durch bessere Beleuchtung erhalten werden können. Als Gipfelpunkt der Leistung wird die Tageslichtlampe vorgeführt, deren Lichtstrahlen die größte Verwandtschaft zum Sonnenlicht haben sollen, mit deren Anwendung aber ein erheblicher Mehrverbrauch an elektrischer Energie verbunden ist. Trotzdem soll es wirtschaftlich sein, mit der Anwendung dieses Lichtes die größere Arbeitsintensität zu erkaufen.

Beispiele von Schaufenster-, Straßen- und Automobilbeleuchtungen vervollständigen das Bild dieser lehrhaften Ausstellung. Im Park sind Versuche mit verschiedenen Arten von Straßenbeleuchtungen im Gange, die während der Nacht den Nela-Park von weither kenntlich machen. Im bunten Wechsel sieht man hier Arbeiten von streng wissenschaftlichem Charakter und Darbietungen mehr werbender Richtung, die sehr wohl dazu geeignet und bestimmt sind, den Besucher von der Annehmlichkeit eines gesteigerten Elektrizitätsverbrauches zu überzeugen. In einem umfangreichen Werkstattgebäude werden die Versuchsanlagen hergestellt, mit denen an den übrigen Stellen gearbeitet wird.

Der Nela-Park verfügt außerdem über viele Einrichtungen, die dem Wohle der Angestellten dienen. Außer den prächtig gelegenen und für rd. 1000 Personen eingerichteten Speisesälen sind Ruhezimmer für die weiblichen Angestellten vorhanden; diese zogen jedoch trotz der Hitze, die bei meinem Besuch herrschte, vor, im Anschluß an das Frühstück die ihnen gebotene Freizeit damit zu verbringen, daß sie nach den Klängen eines großen Musikinstruments tanzten, bis sie die Uhr zur Arbeit zurückrief. Wegen der großen Entfernung des Nela-Parks von der Stadt Cleveland ist für die Angestellten im Institut ein eigenes Bankhaus untergebracht. Wundervolle Sportplätze geben nach der Arbeitszeit ausgiebige Gelegenheit zur sportlichen Betätigung. Nebenbei sei bemerkt, daß im Hauptgebäude ein Kriegsmuseum Aufnahme gefunden hat, dessen Gegenstände im wesentlichen Geschenke französischer Familien sind, die aus der „Nela-Stiftung", die hierzu begründet wurde, Unterstützungen empfingen. In diesem Museum befinden sich deutsche Regiments-Stammrollen, deutsche Grenzzeichen, die verschiedensten soldatischen Ausrüstungsteile, Proklamationen usw.

Nachdem ich den ganzen Tag lang die Gebäude des Nela-Parkes durchwandert hatte, konnte ich mich des Eindruckes nicht erwehren, einen Blick in ein Märchengebilde der Technik getan zu haben.

Andre private Laboratorien.

Von noch größeren Ausmaßen sind die Forschungs-Laboratorien der American Telegraph and Telephone Company und der Western Electric Company in New York. Das zugehörige Gebäude hat 13 Stockwerke, worin mehr als 37 000 m² nur für Forschungsarbeiten dienen. Die Forschungen erstrecken sich hauptsächlich auf die Verkehrstechnik des elektrischen Schwachstromes aller Spielarten. Mit diesen Aufgaben werden 3000 Menschen beschäftigt, wovon etwa 1800 über eine abgeschlossene akademische Vorbildung verfügen. Neben erfinderischer Tätigkeit und Vertiefung der physikalischen und technischen Grundlagen werden in diesem Institut, wie zum gerechten Vergleich betont werden muß, auch alle Aufgaben verfolgt, die sich auf die fabrikmäßige Herstellung und auf die betriebswissenschaftliche Verbesserung der Fabrikorganisation erstrecken. Die jährlichen Ausgaben für die Erhaltung dieses Instituts betragen nahezu 8 Mill. Dollar.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 834.

Zwischen dem Institut und den Elektrotechnischen Abteilungen namhafter Universitäten wird ein reger Verkehr dadurch aufrecht erhalten, daß einer der Institutsleiter, dem die Angestelltenverwaltung obliegt, von Zeit zu Zeit Vorlesungen über die im Forschungsinstitut erzielten Ergebnisse abhält; als Gegenleistung erhält er die Namen der bestgeeigneten Absolventen, aus deren Reihen er den Stab der wissenschaftlichen Mitarbeiter des Instituts ergänzt.

Ein drittes Beispiel bildet das Forschungsinstitut der General Motors Research Corporation in einer Vorstadt von Dayton, Ohio. Das Institut gehört der General Motors Company, die die Automobilfirmen Cadillac, Buick, Scripps-Booth, Chevrolet und Oakland und außerdem eine Reihe von Fabriken für Automobilteile umfaßt. Der Zweck des Instituts ist die Entwicklung der besten Bauart der von den angeschlossenen Firmen gebauten Wagen. Außerdem hat sich das Institut auch mit der Brennstoffrage befaßt; ihm ist die Erfindung des Bleiäthyl-Zusatzes zum Benzin zuzuschreiben, durch den das Auftreten von Frühzündungen und das Klopfen des Motors vermieden wird.

Das Institut beschäftigt etwa 450 Personen, wovon die Hälfte Ingenieure sind. Die jährlichen Unkosten belaufen sich auf 1 bis 1½ Mill. Dollar, wobei festzustellen ist, daß die erzielten Ergebnisse, die in erster Linie in der Ermittlung besonders vorteilhafter Automobilkonstruktion liegen, nach Ansicht der beteiligten Firmen die Ausgaben mehrfach gedeckt haben. Einmal im Jahre versammeln sich die verantwortlichen Ingenieure der einzelnen Firmen im Institut, um an regelrechten Kursen teilzunehmen; hierbei werden die erzielten Forschungsergebnisse behandelt und Anregungen für die Forschungsarbeit des kommenden Jahres gegeben.

Ein auf private Unterstützung angewiesenes Forschungsinstitut besondrer Art ist das Mellon-Institut, das der Universität Pittsburgh angegliedert ist. Die Forschungstätigkeit dieses Instituts wird von einzelnen, zumeist jüngeren, wissenschaftlich vorgebildeten Männern ausgeübt, für deren Tätigkeit das industrielle Unternehmen, das eine Forschungsaufgabe gelöst zu erhalten wünscht, eine Art Freistelle (Fellowship) je nach dem Umfang der Arbeit für ein oder mehrere Jahre begründet. Der Betrag hierfür umfaßt außer dem Gehalt auch die Unkosten für anzuschaffende Sondereinrichtungen. Die mit der Forschung zu betrauende Kraft wird von der Institutsleitung ausgewählt, die außerdem die Arbeit in jeder Beziehung fördert. Die gewonnenen Ergebnisse sind das unbeschränkte Eigentum des Auftraggebers und dürfen nur mit dessen Zustimmung veröffentlicht oder sonstwie ausgenutzt werden.

Regierungs-Laboratorien.

Neben den zahlreichen und zum Teil sehr bedeutenden Forschungsstätten, die mittelbar oder unmittelbar von der Industrie abhängen, sind für die technisch-wissenschaftliche Forschung die von der Regierung unterhaltenen Institute von maßgebender Wichtigkeit. Die Institute der bekannten großen Forschungsstiftungen, die sich an die Namen Carnegie, Rockefeller, Smithsonian usw. knüpfen, verfolgen gemäß der Bestimmung der Stifter medizinische oder allgemein-wissenschaftliche Ziele, die keine unmittelbare Beziehung zur Technik haben, so daß sie in diesem Zusammenhang übergangen werden können. Einige Stiftungen zur geldlichen Unterstützung technischer Forschungsarbeiten, die in irgendeinem geeigneten Laboratorium durchgeführt werden können, sind unsrer Liebig- oder Helmholtz-Stiftung vergleichbar. Auf sie komme ich noch zurück. Die Leistungen, die die Regierungsinstitute in technischer Richtung zu verzeichnen haben, sind so bedeutend, daß ihnen im Rahmen dieser Betrachtung eine bevorzugte Stelle eingeräumt werden muß. Die Regierung hat ihre großen technischen Forschungsinstitute nach vier Hauptrichtungen entwickelt und demgemäß folgende Behörden geschaffen:

a) Bureau of Standards im Bereiche des Department of Commerce,
b) Bureau of Mines im Bereiche des Interior Department.
c) Bureau of Chemistry, Bureau of Public Roads, Bureau of Plant Industry und 64 staatliche landwirtschaftliche Versuchstellen im Bereiche des Department of Agriculture.
d) Engineering Division of Air Service im Bereiche des War Department.

Im Einklange mit dem Zweck und dem Ablauf meiner Reise will ich mich eingehender nur mit den beiden erstgenannten Instituten beschäftigen, deren Arbeitsfeld die Tätigkeit des Vereines deutscher Ingenieure und seiner Mitglieder am meisten berührt.

Von dem Landwirtschaftsministerium will ich nur berichten, daß allein die Veröffentlichung der Forschungsergebnisse seiner zehn verschiedenen wissenschaftlichen Abteilungen an Druckkosten jährlich ¾ Mill. Dollar mit sich bringt; das zeigt zugleich die Intensität, mit der man diese Ergebnisse in die weitesten Kreise zu tragen und für das Allgemeinwohl nutzbar zu machen sucht. Die technische Abteilung des Luftdienstes ist dem Chef der Luftstreitkräfte im Kriegsministerium unterstellt und verfügt über ein umfangreiches Institut in Dayton, Ohio, das z. B. einen Flugmotor von 1000 PS Leistung entwickelt haben soll. Das Marine Department besitzt übrigens eine ähnliche Versuchstelle in Langley Field, die wertvolle Versuche mit raschlaufenden Dieselmaschinen angestellt hat.

Das Bureau of Standards gilt als die wichtigste aller technisch-wissenschaftlichen Regierungsbehörden. Es ist in seinen Aufgaben mit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt vergleichbar, die es jedoch an Umfang seiner Einrichtungen und an Zahl seiner Beamten weit übertrifft und über deren Aufgabenkreis es auch weit hinausgreift. Dies letztere vor allem insofern, als das Bureau of Standards sich auch mit der Typisierung der gewerblichen Erzeugnisse, mit Vorschlägen zum Vereinfachen der Herstellung dieser Erzeugnisse, mit den Methoden des Bauens von Hochhäusern usw. und mit der Bearbeitung von Normen für Lieferverträge befaßt.

In bezug auf diese Pflichten des Instituts, die außerhalb des Rahmens der wissenschaftlichen Forschung liegen, sei auf das Buch von Köttgen „Das wirtschaftliche Amerika", S. 157 u. f.[1]), verwiesen, während hier nur die übrigen Abteilungen in die Betrachtung einbezogen werden sollen, die sich auf folgende Arbeitsgebiete erstrecken:

1. Elektrizität;
2. Gewicht und Maß;
3. Wärme und Kraft;
4. Optik;
5. Chemie;
6. Mechanik und Schall;
7. Baustoffe;
8. Metallurgie;
9. Keramik.

Auf all diesen Gebieten wird eine Forschungsarbeit angestrebt und geleistet, die nicht nur die Anwendbarkeit wissenschaftlicher Grundlagen auf die betreffenden Fachgebiete in den Vordergrund rückt, sondern sich auch der technologischen Förderung der Arbeitsverfahren in einer Weise zuwendet, die unseren Begriffen ganz fernsteht. Jede der genannten Hauptabteilungen ist in zahlreiche Unterabteilungen gegliedert, die zum Teil in besonderen Gebäuden untergebracht sind. Das Institut, das im Jahre 1901 in Washington gegründet wurde, umfaßt heute zwanzig Gebäude und beschäftigt beinahe 900 Personen, darunter mehr als 200 wissenschaftliche Kräfte. Die jährlichen Aufwendungen der Regierung betragen 1½ bis 1¾ Mill. Dollar.

Am auffälligsten ist für den deutschen Besucher der technologische Einschlag der Institutsarbeit. In einem vierstöckigen umfangreichen schmucklosen Gebäude ist eine ganze Reihe von vollständig eingerichteten Fabriken kleinen Maßstabes untergebracht, wo die zu fördernden Herstellverfahren von fachkundiger Hand durchgeprobt werden. So wird aus dem Rohgummi das gebrauchsfertige Gummi erzeugt. Eine vollständige Papiermaschinen-Anlage hat die Normen für die Papierherstellung geliefert. Eine Glasfabrik ist damit betraut, optisches Glas zu liefern, das die amerikanische optische Industrie vom

[1]) Berlin 1925, VDI-Verlag

Jenaer Glas unabhängig machen soll. Man gesteht offen, zwar noch nicht am Ziel, aber zur größten Hoffnung auf dessen Erreichung berechtigt zu sein. Eine umfangreiche und vielgliedrige Ausstattung mit Textilmaschinen ist dazu bestimmt, offene Fragen der Faserstoffindustrie ihrer Lösung zuzuführen. Für alle Zweige dieser Sammlung der verschiedenen Fabrikarten stehen gelernte Arbeitsmeister und erfahrene Ingenieure zur Verfügung.

Im Rahmen der wissenschaftlichen Untersuchungen begegnet man der wundervoll vorbereiteten Apparatur für die kalorimetrischen Messungen des hochgespannten Wasserdampfs, die als Glied eines umfassenden Wasserdampfprogrammes in Anlehnung an die Arbeiten in der Harvard-Universität und dem Massachusetts Institute of Technology in Cambridge durchgeführt werden[1]).

Auf dem Gebiete der Baustoffprüfung und der Metallurgie spielt die Veredelung des Stahles eine bedeutsame Rolle, wie überhaupt in den Vereinigten Staaten auf die Güte des metallischen Baustoffes — Gußeisen, Stahl, Aluminium, Rotguß, Lagermetall usw. — eine außerordentlich große Forschungsarbeit verwandt wurde, deren Erfolge in zahlreichen Vorträgen bei Gelegenheit der Hundertjahrfeier des Franklin-Institutes in Philadelphia gepriesen wurden. Wenn man die Ausdehnung der Abteilungen für Baustoffprüfung und Metallurgie und den umfangreichen Park von Festigkeitsprüfmaschinen in Betracht zieht, die bis zu den allergrößten Abmessungen vorhanden sind, so erkennt man, daß das Bureau of Standards, mit deutschen Instituten verglichen, eine Vereinigung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt mit dem Materialprüfungsamt darstellt.

Das Bureau of Standards gab im Jahre 1923 im ganzen 91 wissenschaftliche, technologische usw. Berichte heraus, die 2622 Druckseiten umfaßten. Diese Berichte sind zu verhältnismäßig niedrigem Preise durch das U. S. Government Printing Office, Washington, zu beziehen.

Das Bureau of Mines ist im Jahre 1910 errichtet. Sein Hauptteil befindet sich in Pittsburgh, eine Zweigstelle in Washington, eine zweite im Silberminengebiet in Denver, Colorado. Es ist in fünf Abteilungen gegliedert:

1. Bergbau;
2. Metallurgie und Technologie der Metalle;
3. Kohle und ihre Technologie;
4. Petroleum und Naturgas;
5. Chemische Forschung.

Im Vordergrunde stehen die Forschungen zur Hebung der Sicherheit des Kohlenbergbaues. Zu diesem Zweck unterhält das Institut eine Reihe von Sicherheitsstellen in den Bergbaugebieten. Wegen seiner Erfahrungen mit der Bewetterung ist es in neuerer Zeit zur Mitarbeit an der Belüftung der geplanten Hudson-Tunnel zwischen New York und Hoboken herangezogen worden. Im Verfolg dieser Aufgabe hat man eine große Zahl der in Pittsburgh verkehrenden Personen- und Lastkraftwagen auf die Zusammensetzung ihrer Auspuffgase untersucht. Hierbei hat sich das fast unglaubliche Ergebnis herausgestellt, daß die Auspuffgase der Kraftfahrzeuge im Mittel 7,5 vH Kohlenoxyd enthalten, und daß dieser Gehalt in einzelnen Fällen bis zu 10 vH angewachsen war. Es liegt Grund zur Annahme vor, daß diese Ergebnisse den Tatsachen nicht ganz entsprechen und daß Ungenauigkeiten des gasanalytischen Verfahrens zur Kohlenoxydbestimmung zu hohe Werte verursacht haben.

Das Bureau of Mines hat sich auch der Frage angenommen, ob die Auspuffgase der Automobile, die sich des mit Bleiäthyl versetzten Benzins als Brennstoff bedienen, durch den Bleigehalt gesundheitsschädlich wirken. Zu diesem Zwecke sind ausgedehnte Tierversuche angestellt worden, die die Frage nach den bisherigen Erfahrungen verneinen.

Die jährlichen Regierungsausgaben für das Institut belaufen sich auf eine halbe Million Dollar.

Zusammenfassung der Forschungsarbeit.

Das Bild der in den Vereinigten Staaten von Amerika ausgeübten technisch-wissenschaftlichen Forschungsarbeit wurde an der Hand der angegebenen Beispiele gegenüber der Wirklichkeit verschoben erscheinen, wenn nicht zugleich über die organisatorischen Maßnahmen berichtet würde, die man in den Vereinigten Staaten getroffen hat, um die gesamte wissenschaftliche Forschung unter einheitlichen Gesichtspunkten zu beeinflussen und anzutreiben, um sie öffentlichen oder privaten Stellen zur finanziellen Unterstützung zu empfehlen und um dafür Sorge zu tragen, daß kein wichtiges Gebiet der Forschung unbeachtet bleibt. Diese Maßnahmen fanden ihr Vorbild in der englischen Regierungsbehörde Department of Scientific and Industrial Research, die in den letzten Jahren auch in Frankreich Nachahmung gefunden hat.

Die Vereinigten Staten haben es jedoch vorgezogen, im Gegensatz zu Großbritannien eine Forschungsorganisation zu schaffen, die nicht amtlich als Teil der Regierung in die Erscheinung tritt, sondern sich nur der Mitwirkung und der sonstigen Unterstützung der Regierung bedient, im übrigen jedoch des behördlichen Charakters entbehrt. Die Organisation gipfelt im Nationalen Forschungsrat (National Research Council), der, soweit seine Beziehungen zur Regierung in Frage kommen, in unmittelbarem Zusammenhang mit der National Academy of Science steht; mit dieser gemeinsam hat er ein neues Gebäude in Washington bezogen, dessen Einweihung vom Präsidenten der Vereinigten Staaten durch eine bedeutungsvolle Rede am 30. April 1924 vollzogen wurde.

Der Nationale Forschungsrat kam im Jahre 1916 unter der Obhut der Nationalen Akademie der Wissenschaften zustande mit der Zweckbestimmung, eine gesteigerte wissenschaftliche Forschungstätigkeit in den Dienst der Kriegsaufgaben zu stellen. Eine besondere Verfügung des Präsidenten Wilson vom 11. Mai 1918 erklärte den Rat als ständige Einrichtung zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Die Carnegie-Corperation stellte der Akademie und dem Rat im Dezember 1919 eine Stiftung von 5 Mill. Dollar zur Verfügung, wovon rd. 1½ Mill. zur Errichtung des Gebäudes verwandt wurden. Mit den Zinsen des Restbetrages werden die Verwaltungskosten des Rates bestritten.

Als eine seiner Hauptaufgaben betrachtet der Nationale Forschungsrat gegenwärtig die Herausgabe eines zweibändigen Werkes, das internationale kritische Tafeln der physikalischen und chemischen Konstanten enthalten soll; für die Vorbereitung dieses Werkes ist ein besonderer Ausschuß ernannt worden, dem zur Sammlung der Einzelangaben ein Betrag von 200 000 Dollar zur Verfügung gestellt wurde. Da wir in den Physikalisch-chemischen Tabellen von Landolt und Börnstein ein hervorragendes Werk dieser Art bereits besitzen, darf man wohl gespannt sein, ob die amerikanische Leistung die unsrige im gleichen Maß übertreffen wird, wie die umfangreichen vorbereitenden Maßnahmen für die amerikanischen Pläne die ruhige Selbstverständlichkeit in den Schatten stellen, mit der sich unser Werk auf dem wissenschaftlichen Markt seine Stellung erobert hat.

Die Organisation des Nationalen Forschungsrates ist sehr verwickelt. Er unterhält, wie gesagt, seine Beziehungen zur Regierung über die Nationale Akademie der Wissenschaften und steht anderseits in enger Fühlung mit den wissenschaftlichen und technischen Vereinen. Er teilt sich in zwei Hauptgruppen: die erste hat fünf Untergruppen mit folgenden Bezeichnungen:

1. Inländische Beziehungen;
2. Ausländische Beziehungen;
3. Beziehungen zu den Staatsregierungen;
4. Unterrichts- und Erziehungsfragen;
5. Forschungsverbreitung;
6. Forschungs-Nachrichtendienst.

Dieser ersten, allgemeinen Hauptgruppe steht die zweite, fachliche gegenüber, die ihre Tätigkeit nach fachlichen Gesichtspunkten in sieben Untergruppen ausübt:

7. Physikalische Wissenschaften;
8. Ingenieurwissenschaften;
9. Chemie und Chemische Technologie;
10. Geologie und Geographie;
11. Medizinische Wissenschaften;
12. Biologie und Landwirtschaft;
13. Anthropologie und Psychologie.

[1]) s. M. Jacob, Z. Bd. 68 (1924) S. 732.

Für den Zweck dieses Vortrags interessiert uns besonders die achte Untergruppe „Engineering Division", die zu den einzelnen technisch-wissenschaftlichen Fachvereinigungen in besonderer unmittelbarer Verbindung steht. Diese Verbindung wird durch die Zusammensetzung der verschiedenen Vorstandsgremien gesichert, in die von den einzelnen beteiligten Stellen Vertreter entsandt werden. Um diese Verbindung auch im täglichen Verkehr der einzelnen Körperschaften zum Ausdruck zu bringen, hat diese Untergruppe ihre Geschäftstelle im Engineering Building in New York. Nach dem mir vorliegenden Plan der Organisation dieser Untergruppe vom November 1923 zählt diese in ihren Ausschüssen im ganzen mehrere hundert Personen zu ihren Mitgliedern. Um die Vielgliedrigkeit der Struktur dieser Technischen Gruppe zu zeigen, sei darauf hingewiesen, daß sich unter den zahlreichen Sonderausschüssen u. a. folgende befinden:

Ausschuß für elektrische Lichtbogenschweißung,
Ausschuß für Widerstandschweißung,
Ausschuß für Abnahmeversuche an Schweißungen,
Ausschuß für Drahtschweißungsbedingungen,
Ausschuß für die Anlernung von Schweißern,
Ausschuß für die Lieferbedingungen für zu schweißenden Stahl,
Ausschuß für Thermitschweißung,
Ausschuß für geschweißte Behälter,
Ausschuß für Gasschweißung,
Ausschuß für die Schweißung der Schienenstöße.

Jeder dieser Ausschüsse hat mehrere Mitglieder (bis zu 46), von denen eines zum Chairman erwählt ist. Die Zusammensetzung dieser Ausschüsse weist verhältnismäßig wenige Überdeckungen auf.

Die Geldmittel, die die Engineering Division für ihre Tätigkeit braucht, fließen im wesentlichen aus einer Stiftung „Engineering Foundation" in Höhe von ½ Mill. Dollar, die im Jahre 1914 von Ambrose Swasey, dem vormaligen Vorsitzenden der American Society of Mechanical Engineers (Amerikanischen Gesellschaft der Maschineningenieure) mit der Bestimmung begründet wurde: „Zur Förderung der Forschung in Wissenschaft und Technik und in jeder andern Richtung zum Vorteil für den Ingenieurberuf und zum Wohle der Menschheit". Die Stiftung war als ein Keim für ein großes Vermögen gedacht, zu dessen Vermehrung jeder beitragen solle, der der Technik und der Wissenschaft den Erwerb von Reichtum verdankt. Diese Stiftung hat die Begründung des Nationalen Forschungsrats ermöglicht und unterstützt in der Gegenwart vor allem die Arbeiten der technischen Untergruppe, soweit diese nicht, was die Regel darstellt, von der beteiligten Industrie bestritten werden.

Dem Nationalen Forschungsrat stehen weiterhin beträchtliche Geldmittel für Freistellen (Fellowships) zur Verfügung, die für Forschungsarbeiten geeigneten jungen Männern zu ihrer weiteren Ausbildung nach beendetem Studium verliehen werden. Gegenwärtig sind mehr als hundert derartiger Freistellen vergeben, deren Zahl sich durch weitere Stiftungen fortgesetzt steigert.

In den vorstehenden Ausführungen habe ich ein gedrängtes Bild von den Eindrücken entrollt, die mir die amerikanische technisch-wissenschaftliche Forschung während meines vierteljährigen Aufenthaltes darbot. Ich halte es für angezeigt, aus den verschiedenartigen Eindrücken einen zusammenfassenden Schluß zu ziehen, und hoffe, daß meine Ausführungen das Empfinden von der Richtigkeit dieses Schlusses auslösen werden.

Ich glaube, für mich in Anspruch nehmen zu dürfen, daß ich die Stätten der amerikanischen technisch-wissenschaftlichen Forschung mit kritischem Auge gesehen habe. Ich gestehe zugleich, daß es angesichts des unermeßlichen Reichtums, der sich in der verschwenderischen Ausstattung vieler Forschungsinstitute ausspricht, für uns auf Grund unsrer Nachkriegserziehung oft sehr schwer ist, die Klarheit des Blickes zu behaupten und nicht dem niederschmetternden Impuls des Augenblicks zu erliegen, der uns in unsrer Armut und Isoliertheit oft die Resignation aufzuzwingen und die demütigende Vorstellung abzuringen sucht, daß der Schwerpunkt wissenschaftlicher Forschungsarbeit unweigerlich und unabänderlich seinen Lauf von der Alten zur Neuen Welt angetreten habe.

Jeder deutsche Besucher, der nur das tote Inventar der Forschungsstätten betrachtet, das Reichtum in beliebigem Umfange zu beschaffen vermag, muß sich zu dieser Waffenstreckung bekennen, nicht aber der, der den Geist des Forschens in die Rechnung einsetzt, ohne den die kostbarste Apparatur zum Werte des Sammlungsobjekts herabsinkt. Dieser Geist wissenschaftlicher Forschung ist — das darf man im Rückblick auf eine amerikanische Studienreise ohne Selbstüberhebung aussprechen — unser Reichtum. Dieses Besitzes und der daraus sich ergebenden Verpflichtungen sind wir uns indessen nicht immer bewußt. Im Urteil des sachkundigen unbefangenen Ausländers steht dieser deutsche Besitz hoch im Kurs, und außerordentlich groß ist das Zutrauen, das das Ausland trotz aller Kriegs- und Nachkriegsresolutionen „internationaler" wissenschaftlicher Kongresse zur Leistungsfähigkeit des deutschen Geistes hegt.

Hieraus erklärt sich die Tatsache, daß die Vereinigten Staaten — Regierung wie Privatindustrie — sich zur Lösung besonders schwieriger technisch-wissenschaftlicher Probleme mit innerlichem Vertrauen der Hilfe deutscher Kraft bedienen, deren Leistungen nach landesüblicher Anschauung nicht nur im wirtschaftlichen, sondern auch im ideellen Sinn als Eigentum der amerikanischen Nation verbucht werden. Es wäre zwecklos und unklug, gegen solche Auffassung, die uns Deutschen fremd ist, ankämpfen zu wollen. Es ist klüger, stolz zu sein auf den Export deutscher Geistesarbeit, selbst angesichts der Tatsache, daß dieser Export keinen unmittelbaren Einfluß auf unsre Handelsbilanz hat. Ich bin aber der festen Überzeugung, daß er mittelbar diesen Einfluß in einem uns günstigen Sinne nicht verfehlen wird, indem er in steigendem Maße dafür sorgt, daß man auf beiden Seiten erkennt, in welchem Umfang und nach welchen Richtungen man aufeinander angewiesen ist, um im Wettkampf der Völker seinen Platz zu behaupten.

Die Vereinigten Staaten sind die unbestrittenen Lehrmeister auf dem Gebiete der wirtschaftlichen Befriedigung des Massenbedarfs eines Volkes und verbinden diese Meisterschaft mit dem gleichfalls unbestrittenen Erfolge, den Gliedern ihres Volkes eine freiere, gehobenere Lebenshaltung zu sichern, als sie in Europa gegenwärtig erreichbar ist. Es ist unsre Pflicht, uns von den Vereinigten Staaten in dieser Richtung Rat zu holen, und wir müssen uns bemühen, alles, was wir als übertragbar auf unsre Verhältnisse erkennen, für die Erziehung, die Berufsausbildung und das wirtschaftliche Leben ernsthaft in Erwägung zu ziehen.

Keinesfalls jedoch dürfen wir in solchem Streben vergessen, daß auch wir trotz unsrer darniederliegenden Wirtschaft über den einen oder andern starken Posten verfügen. Ein solcher ist fraglos die streng wissenschaftliche, in sich selbst den höchsten Lohn suchende Forschung. Amerika ist offenkundig bestrebt, sich auch hier in den Sattel zu schwingen und unter Aufwendung von unermeßlichen Summen das beste Werkzeug der Forschung zu bereiten. An uns ist es, hier die alte gefestigte Stellung zu behaupten, indem wir dem in unserm Volke reich vertretenen Forschergeist die Mittel geben und die Wege ebnen, damit er sich auswirken kann und unsern kommenden Geschlechtern ungeschwächt erhalten bleibt.

Unter voller Anerkennung der Forderung, daß wir uns in jeder Beziehung um die Anpassung der erfolgreichen amerikanischen Methoden zur wirtschaftlichen Massenerzeugung an unsre heimischen Bedingungen kümmern müssen, stelle ich es als eine in unserm tiefsten Wesen begründete nationale Pflicht hin, daß wir keine Mittel scheuen und es nie an geistigem Einfluß fehlen lassen, um unsrer wissenschaftlichen Forschung nach den letzten Jahren der verhängnisvollen finanziellen Bedrängnis wieder eine kraftvolle Entwicklung zu gewähren, damit wir trotz heftigsten Ansturmes unsren Nachfahren das Ansehen deutscher Forschung hinterlassen, auf das unser Geschlecht seine Arbeit aufbaute und das in der Welt heute noch ungebrochen ist.

Hannibal ante portas!

Technik in der Landwirtschaft.

Die Industrialisierung der deutschen Landwirtschaft, eine deutsche Lebensfrage.

Von Generaldirektor Dipl.-Ing. Heinrich Pöppelmann, Augsburg.

Vortrag in der Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure am 10. Mai 1925 in Augsburg.

Aus der schlechten Lage der deutschen Industrie und der Mindererzeugung der Landwirtschaft gegenüber dem Bedarf an Nahrungsmitteln für das deutsche Volk sowie infolge des an das Ausland zu zahlenden Tributes erhebt sich die Forderung, unsere Ackerbodenerzeugnisse um etwa 30 vH zu vermehren, wenn Deutschland nicht wirtschaftlich zusammenbrechen soll. Die auf die Landwirtschaft entfallenden Wege hierzu werden gezeigt.

„Wer bewirkt, daß dort, wo bisher ein Halm wuchs, deren zwei wachsen, der leistet mehr für sein Volk, als ein Feldherr, der eine große Schlacht gewinnt."

Dieser Ausspruch stammt von einem der klügsten Menschen aller Zeiten, von Friedrich dem Großen. Er, der große Denker, Schlachtenlenker und Führer seines Volkes, erkannte also schon vor 150 Jahren die ungeheure Wichtigkeit erhöhter Leistung der Landwirtschaft für uns. Die Hungerjahre der Blockade, die unsre Feinde im Weltkrieg über uns verhängten, haben uns eine recht bittre Lehre erteilt. Sie haben gezeigt, was es für ein Volk bedeutet, das darauf angewiesen war und noch ist, 25 bis 30 vH seiner Nähr- und Futtermittel vom Ausland einzuführen. Mehr als 100 000 Deutsche, hauptsächlich Kinder und alte Leute, sind elend verhungert, mehrere Millionen deutsche Einwohner haben durch die Hungerjahre Schäden an ihrer Gesundheit erlitten, die nicht wieder gutzumachen sind. Der „entsetzliche Versailler Vertrag", wie ihn der Amerikaner E. Aalburn erst kürzlich nannte, hat uns überdies der landwirtschaftlich wertvollsten Provinzen beraubt. 7 vH unsrer Bodenfläche, aber 15,9 vH der Ernteerträgnisse haben wir durch ihn verloren. Abb. 1 zeigt den blühenden Stand unsrer Wirtschaft im Jahre 1913, also vor dem Kriege. Die Bedeutung der Landwirtschaft gegenüber der Industrie drückt sich durch den Wert der Erzeugnisse der Landwirtschaft mit rd. 18,5 Milliarden Goldmark gegenüber den entsprechenden Ziffern der Industrie aus. Bergbau und Hüttenindustrie, der Maschinen- und Apparatebau und die Textilindustrie erzeugten im Friedensjahre 1913 zusammengenommen rd. 20,28 Milliarden Goldmark, also insgesamt nur rd. 2 Milliarden mehr als die deutsche Landwirtschaft. 43 vH aller Erwerbstätigen sind in der Landwirtschaft beschäftigt.

Beachtenswert ist beim Vergleich dieser Zahlen mit den entsprechenden der Vereinigten Staaten, daß drüben nur 29 vH der Bevölkerung in der Landwirtschaft tätig sind: eine Folge der in Amerika weiter fortgeschrittenen Mechanisierung der Landwirtschaft, der rationellen Bewirtschaftung großer Flächen mit Maschinen.

Ein neuer Krieg, auch wenn wir an ihm nicht selbst unmittelbar beteiligt wären, kann, wenn eine Stockung oder gar eine Sperrung der Einfuhr von Nähr- und Futtermitteln eintreten würde, was bei größerer Ausdehnung eines solchen Krieges bestimmt zu erwarten ist, zur Hungerkatastrophe für uns werden. Videant consules!

2,3 bis 3 Milliarden Goldmark geben wir jährlich aus, um die fehlenden Nähr- und Futtermittel vom Ausland her zu ergänzen. Die Einfuhr an lebenden Tieren, Lebensmitteln und Getränken betrug in Milliarden Goldmark:

1913	1923	1924
3,086	1,228	2,769

2,5 Milliarden Goldmark sollen wir nach dem Dawes-Plan jährlich den Siegerstaaten bezahlen. Unser Nationalvermögen ist durch den Krieg und seine Folgen auf einen Bruchteil des früheren Wertes zusammengeschmolzen.

Die schlechte Lage der deutschen Industrie.

Abb. 2 und 3 zeigen, daß die Roheisenerzeugung Europas von 46,3 Mill. t im Jahre 1913 auf 22,6 Mill. t im Jahre 1920, also um rd. 50 vH, zurückgegangen ist. Die deutsche Roheisenerzeugung im Jahre 1913 mit 19,3 Mill. t ist auf 6,3 Mill. t im Jahre 1920, also auf rd. 29 vH herabgesunken. Englands Erzeugung sank im gleichen Zeitraum nur von 10,6 auf 8,2, Frankreichs von 5,2 auf 4 Mill. t.

Noch trauriger gestaltet sich das Bild, das die deutsche Einfuhr und die Erzeugung von Eisenerzen bietet, Abb. 4 und 5. Die deutsche Eisenerzeugung ist von rd. 36 Mill. t im Jahre 1913 nach dem Verlust von Elsaß-Lothringen auf rd. 6,5 Mill. t im Jahre 1920, die Einfuhr an Eisenerz von 14 Mill. t 1913 auf 11 Mill. t 1922 zurückgegangen. Die Eisenerzerzeugung Deutschlands wurde durch den Frieden mit einem Schlage um 50 Jahre auf den Stand der Erzförderung von 1870 zurückgeschleudert.

Abb. 6 bis 8 lassen mit grausamer Deutlichkeit den Verlust an Roheisen- und Stahlerzeugung erkennen, den unsere Volkswirtschaft im Zeitalter des Eisens durch Versailles erlitten hat. Bemerkenswert ist daneben der Vergleich der deutschen und französischen Kurven. Beide Länder erzeugen 1913 eine Höchstmenge an Roheisen und Stahl. Die Erzeugungsziffern beider Länder sinken dann während des Krieges abwärts; bei Frankreich tritt von 1919 ab eine Erhöhung ein, und schon im Jahre 1922 sind die Vorkriegsziffern wieder erreicht, während die deutschen Kurven weiter sinken.

Abb. 9 bis 14 veranschaulichen die Ein- und Ausfuhr der deutschen Eisenindustrie von 1901 bis 1923 und Abb. 15 und 16 zeigen die Ausfuhr von Maschinen in den Jahren 1913 und 1924. Erläuterungen erübrigen sich wohl. Jedoch wird, wenn man bedenkt, daß die Ausfuhr von Maschinen auf rd. 46 vH zurückgegangen ist, die bange Frage wach, wie sollen wir denn aus unseren Ausfuhrüberschüssen die 2,5 Milliarden jährlich bezahlen, die wir nach dem Dawes-Plan vom Jahre 1927 an bezahlen sollen. Die Aussichten auf Erfüllung sind nicht günstig.

Vergleicht man die Zahlen der Abb. 1 und 9 bis 14 mit 15 und 16, so fällt auf, einen wie großen Anteil der Maschinenbau an der industriellen Erzeugung hat, wie stark gerade die Ausfuhr von Maschinen nachgelassen hat und

Abb. 1. Vergleich der Erzeugungswerte der deutschen Industrie und Landwirtschaft im Jahre 1913.

Abb. 2 und 3. Roheisenerzeugung Europas (DATSCH Wr 4)[1]).

[1]) Die mit DATSCH (Deutscher Ausschuß für Techn. Schulwesen, Berlin NW 7) gekennzeichneten Abbildungen entstammen der von diesem seit kurzem herausgebrachten Sammlung graphischer Wirtschaftstafeln, die dem Verfasser von DATSCH freundlichst zur Verfügung gestellt wurden.

Abb. 4 und 5. Eisenerze, Deutschlands Einfuhr und Erzeugung (DATSCH Wr 5).

wie unwahrscheinlich es ist, bis zum Jahre 1927 auch nur die Vorkriegzahlen der Erzeugung und Ausfuhr der deutschen Industrie wieder zu erreichen.

Deutschlands ungünstige Ernährungsverhältnisse.

Aus Abb. 1 sieht man, welch große Bedeutung die Landwirtschaft neben der Industrie in der deutschen Volkswirtschaft hat. Aber auch in der Landwirtschaft haben wir durch das Versailler Diktat und seine schrecklichen Auswirkungen nicht nur große Verluste an Nahrung spendendem Boden erlitten, sondern auch in Mengen und Werten der Gesamterzeugung gewaltige Einbußen. Im Jahre 1913 erzeugten wir rd. 26 Mill. t Getreide gegen rd. 11,3 Mill. t im Jahre 1923, oder, auf den Kopf der Bevölkerung umgerechnet, 446,4 kg 1913 gegen 228 kg 1923, d. h. rd. 48 vH weniger, Abb. 17 bis 19.

Ähnlich verhält es sich hinsichtlich der Fleischernährung Deutschlands, Abb. 20. Im Jahre 1913 erzeugten wir bei 66 978 000 Einwohnern 2620 Mill. kg Fleisch oder 39,2 kg (ausschließl. Fleischeinfuhr) auf den Kopf der Bevölkerung; 1923 dagegen bei rd. 63 Mill. Einwohnern nur 1047 Mill. kg oder 16,6 kg je Kopf, Abb. 20 und Zahlentafel 1. Dazu kam eine Fleischeinfuhr von 235 Mill. kg 1913 gegen 295 Mill. kg 1923. Das durchschnittliche Schlachtgewicht verminderte sich im gleichen Zeitraum aus Mangel an Futter ganz erheblich, Zahlentafel 2.

Der Gesamtmilchertrag stellte sich nach Schätzung des Preußischen Landesökonomie-Kollegiums auf 23,7 Milliarden l im Werte von 2.996 Milliarden GM im Jahre 1913 gegen 17.23 Milliarden l im Jahre 1923 im Werte von 3.66 Milliarden RM, wobei für das Jahr 1913 ein Milchpreis von 16 ₰/l, im Jahre 1923 ein solcher von 24 ₰/l zugrunde gelegt wurde.

Für den Vergleich der Jahre 1913 und 1924 liegen ferner Werte vor, Zahlentafel 3, die vom Reichsaus-

Zahlentafel 1. Fleischmenge in kg auf den Kopf der deutschen Bevölkerung.

	1913	1922[2])	1923[3])	1924 (Jan. bis Juni)
Bevölkerungszahl	66 978 000	62 830 000	63 000 000	63 500 000
Menge an Fleischwaren aus Deutschland und aus Einfuhr in t	2 851 531,0	1 572 418,9	1 342 423,8	950 870,2[2])
Fleischmenge auf den Kopf der Bevölkerung in kg	42,5	25,0	21,3	14,9[2])

[2]) Einwohnerzahl einschließlich Rückwanderer
[3]) Für das 1. Halbjahr 1924.

Zahlentafel 2. Verfügbare Mengen an Fleisch für die deutsche Bevölkerung einschießlich Einfuhr.

Jahr	1913 altes Gebiet			1923		
Beschaupflichtige Schlachtung	Stückzahl	Schlachtgewicht kg	Fleischmenge in t	Stückzahl	Schlachtgewicht kg	Fleischmenge in t
Ochsen . .	518 244	330	171 020,5	223 446	278	62 118,0
Bullen . .	498 138	310	154 422,8	232 785	264	61 455,3
Kühe . . .	1 633 561	240	392 054,7	974 857	206	200 820,5
Jungrinder	879 032	185	162 620,9	596 240	156	93 013,5
Kälber . .	4 088 445	40	163 537,8	2 587 735	39	100 920,9
Schweine .	17 872 028	85	1 519 122,4	5 781 771	87	503 014,1
Schafe . .	2 192 989	22	46 045,7	1 082 254	22	23 809,6
Ziegen . .	469 798	16	7 516,8	166 848	16	2 669,6
Deutsches Schlachtvieh (Schlachtgewicht) Summe t			2 616 341,6			1 047 821 5
Dazu Einfuhr — t			235 189,4			294 602,3
Zusammen — t			2 851 531,0			1 342 423,8

schuß für Technik und Landwirtschaft im Reichsernährungsministerium nach Schätzung aufgestellt wurden. Hieraus ersieht man, daß fast alle landwirtschaftlichen Erzeugnisse Deutschlands in den Jahren 1923 und 1924 gegenüber dem Jahre 1913 hinsichtlich ihrer Menge und ihres Wertes gewaltige Einbußen erlitten haben.

Überschaut man nochmals das Bild, das die Zahlen der miteinander verglichenen industriellen und landwirtschaftlichen Erzeugnisse Deutschlands der Vor- und Nachkriegzeit bieten, dann kann man nicht umhin, folgenden Schluß zu ziehen:

Den Zeitpunkt des völligen Zusammenbruchs unsrer Wirtschaft könnte man, wenn keine entscheidende Änderung eintritt, fast genau vorhersagen, wenn man sich diese Mühe machen wollte. Aber wie es den Anschein hat, wollen sich weite Kreise unsres Volkes diese Mühe nicht machen.

Und doch — es wäre nicht deutsche Art, wenn wir untätig dem voranschreitenden Verderben zuschauen wollten. Aus der Inflation, die unsre Mark auf ein Billionstel ihres Wertes gedrückt hat, rettete uns das Wunder der Rentenmark. Wird uns ein zweites Wunder vor dem Verhungern retten?

Abb. 6 bis 8. Roheisen- und Stahlerzeugung der wichtigsten Länder vor und nach dem Kriege (DATSCH Wr 3).

Abb. 9 bis 14. Eisenindustrie Deutschlands (Ein- und Ausfuhr). (DATSCH Wr 8)

Die Leistungsfähigkeit der deutschen Landwirtschaft.

Ja — wenn wir selbst den festen Glauben an dieses Wunder haben, wenn unser ganzes Volk weiß und will, daß wir alles herausholen, was aus unserm Boden herauszuholen ist, dessen Herren wir heute noch sind und den wir verantwortlich zu verwalten haben, dann kann dieses Wunder geschehen. Wenn wir unsere Landwirtschaft als ein Gewerbe zur Erzeugung von Nahrungskohlenstoff auffassen und mit weiser Vorsicht, aber mit Tatkraft und festem Willen unter Führung der Regierung den verhältnismäßig schlechten Wirkungsgrad der überwiegenden Mehrzahl unserer bebauten, landwirtschaftlich genutzten Böden heben mit Mitteln, die uns zur Verfügung stehen oder die wir leicht schaffen können.

Alle Führer der deutschen Landwirtschaft sind sich darüber einig, und die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft hat es bei ihrer Herbsttagung in Erfurt 1923 öffentlich ausgesprochen, daß „die Industrie des deutschen Bodens", die Landwirtschaft, auf dem uns verbliebenen Boden und mit den bisher gekannten Mitteln in der Lage ist, die Eigenernährung unsres Volkes durchzuführen, wenn die Kenntnisse und Erfahrungen, die heute nur ein kleiner Teil unserer Landwirte besitzt und anwendet, wenigstens von der größeren Masse der Landwirte angewendet werden. Dazu gehört Aufklärung seitens der Regierung und seitens der erfolgreichen Landwirte, richtige Anwendung der vorhandenen Maschinen und des Stall- und Kunstdüngers, Kredite seitens der Regierung zur Anschaffung von weiteren die Nahrung vermehrenden Maschinen, hauptsächlich Hackmaschinen, Sämaschinen und Düngerstreuern.

Vergleicht man einmal nach Abb. 21 die Anbauflächen der hauptsächlichen Getreide erzeugenden Gebiete Deutschlands mit ihrem Ertrag, so findet man wesentliche Unterschiede, die wohl sicher nicht allein auf die Verschiedenheit der Böden zurückzuführen sind. Große Teile der Provinz Brandenburg haben beispielsweise keinen

Zahlentafel 3. Werte der landwirtschaftlichen Erzeugnisse 1913 und 1924.

	1913	1924
	in Millionen Mark	
Futtermittel	639	354
davon a) Heu	508	306
b) Stroh	131	48
Bienenzucht (Honig usw.)	32	27
Flachs	5	30
Hanf	0.07	1,3
Zucker	357	340
obige Erzeugnisse zusammen	1033.07	752.3
Mindererertrag		— 280 770 000

Abb. 15 und 16. Deutschlands Maschinenausfuhr 1913 und 1924 (nach Veröffentl. des V. d. M. A.), DATSCH Wh 5.

Abb. 17 bis 19. Deutschlands Broternährung vor und nach dem Kriege.

Abb. 21. Anbaufläche und Ernteerträgnisse der wichtigsten landwirtschaftlichen Gebiete Deutschlands, DATSCH WL 1.

guten Boden, trotzdem erscheint diese Provinz in bezug auf den Ertrag an der Spitze aller Gebiete. Ähnlich ist es in der Provinz Hannover (Lüneburger Heide usw.).

Vergleicht man mit Abb. 21 die Zahlentafel 4: Verwendung von Drill- und Breitsaat oder Handsaat, 1924, die auf Veranlassung des Reichsernährungsministeriums seitens der Landwirtschaftskammern aufgestellt wurde, so ergibt sich, daß da, wo überwiegend Drillsaat zur Anwendung gelangt, der Ernteertrag im Verhältnis zur Anbaufläche ein größerer ist, als in den Gebieten, wo noch ein großer Teil der Getreideäcker mit Handsaat bestellt wird.

Zahlentafel 5, die ebenfalls nach Angaben des Reichsernährungsministeriums aufgestellt wurde, zeigt, daß die Aussaatmenge im Jahre 1924 gegenüber dem Friedensjahr 1908 zwar etwas abgenommen hat, daß aber im Vergleich zu den neuzeitlichen Anbauverfahren einiger führender und fortschrittlicher Landwirte immer noch zu dicht gesät wird; dadurch aber wird eine Vergeudung von Saatgut bewirkt, die überdies die Ernteerträge ungünstig beeinflußt, da die Getreidepflanzen zu dicht stehen und sich gegenseitig im Wachstum und in der Ährenentwicklung behindern.

Abb. 22 bis 25 veranschaulichen den Wirkungsgrad der Getreideäcker in den Provinzen Brandenburg und Hannover und im Freistate Bayern im Jahre 1924. Wir sehen, daß der Ertrag an Roggen, Weizen, Gerste und Hafer auf den Hektar in den Provinzen Brandenburg und Hannover um rd. 25 bis 40 vH höher ist als im Freistaate Bayern. Der Hauptgrund für den höheren Ertrag an Getreide in t/ha in den Provinzen Brandenburg und Hannover gegenüber dem Freistaat Bayern ist wohl in der überwiegenden Anwendung von Drillmaschinen in beiden preußischen Provinzen zu erblicken. Daneben spielt vielleicht eine bessere Bodenbearbeitung, Düngung und die vermehrte Anwendung von Hackmaschinen eine Rolle. Zum Vergleich mit diesen Erträgnissen in t/ha wird in Abb. 22 der Ernteertrag gezeigt, den Oberamtmann Schurig auf Rittergut Markee bei Nauen, Provinz Brandenburg, im Jahre 1924 auf einem Weizenacker erzielt hat. Bei Verwendung von „Svalöfs-Panzerweizen" betrug in Markee die Aussaatmenge nur 56 kg/ha (Durchschnitt

Zahlentafel 4. Verwendung von Drillsaat und Handsaat in den einzelnen deutschen Landesteilen 1924.

Gebiet	Drillsaat vH	Handsaat vH
Brandenburg . . .	überwiegend	—
Hannover	"	—
Pommern	60 bis 65	35 bis 40
Westfalen	überwiegend	—
Rheinprovinz . .	50	50
Hessen-Nassau . .	60	40
Württemberg . .	45	55
Baden	30	70
Sachsen-Meiningen	40	60
Oldenburg	75	25
Lübeck . . .	75	25
G[illegible] . .	75	25
Unter[illegible] . .	50	50
Oberbayern .	70	30
Niederbayern .	50	50
Sigmaringen . . .	10	90

Zahlentafel 5. Aussaatmengen der wichtigsten Getreidearten in kg/ha.

Getreideart	Aussaatmengen	
	1908	1924
Winterweizen . .	175 kg/ha	170 kg/ha
Sommerweizen . .	185 "	175 "
Spelz	205 "	201 "
Winterroggen . .	155 "	151 "
Sommerroggen . .	160 "	155 "
Wintergerste . .	150 "	146 "
Sommergerste . .	150 "	145 "
Hafer	155 "	143 "

Provinz Brandenburg 165 kg/ha), Ernteertrag 4,32 t/ha in Markee (Durchschnitt Brandenburg 2 t/ha). Der Ernteertrag war also weit über 100 vH höher als der durchschnittliche Ernteertrag der Provinz Brandenburg, des besten deutschen Getreidegebietes im Jahre 1924. Die Aussaatmenge betrug in Markee nur 33 vH der durchschnittlichen Aussaatmenge in der Provinz Brandenburg. Der Weizen wurde abwechselnd in Reihen von 25, 50, 25, 50 cm usw. gedrillt und wiederholt gehackt, Abb. 26. Bei der Wahl der Reihenentfernungen von 50 cm ging Schurig von der bemerkenswerten Überlegung aus, daß die Getreidepflanzen gerade dann, wenn sie die Frucht, die Ähren, bilden, ein Maximum von Kraftstoffen aus dem Boden aufsaugen müssen, um sich möglichst kräftig entwickeln zu können. Deshalb wählte er zwischen einer Reihe von 25 cm Entfernung jedesmal eine Reihe von 50 cm Entfernung, damit die die Hackmaschine ziehenden Pferde durch die bereits hochstehenden Getreidereihen gehen können, ohne das Getreide zu beschädigen. Leider ist mir nicht bekannt, wieviel Dünger und welche Düngerarten zur Anwendung kamen, jedoch zeigt wohl dieser Versuch von Schurig deutlich, daß sich bei Gebrauch einer Dünnsaat-Drillmaschine, Abb. 27, unter ausgiebiger und richtiger Anwendung von Dünger die Ernteerträgnisse ganz erheblich steigern lassen. Selbstverständlich lassen sich in der Landwirtschaft, und das muß unterstrichen werden, keine allgemein gültigen Vorschriften aufstellen, denn überall fast sind Boden und Klima verschieden und eine schematische Nachahmung des Schurigschen Versuchs würde an manchen Stellen zu Mißerfolgen führen, wenn nicht alle Einflüsse, die in den verschiedenen Gebieten Deutschlands in der Landwirtschaft eine Rolle spielen, sorgfältig gegeneinander abgewogen werden.

Immerhin sollten die glänzenden Ergebnisse auf dem Rittergut Markee und andern Stellen, wo fortschrittliche und kenntnisreiche Landwirte tätig sind, die Regierung veranlassen, endlich einmal einen klaren, fest umrissenen Aufbauplan im Benehmen mit maßgebenden Kreisen der Landwirtschaft und unsrer Volkswirte aufzustellen. Zivilingenieur E. Zander, Schriftleiter der Zeitschrift „Technik in der Landwirtschaft", sagt im letzten Septemberheft dieser Zeitschrift unter dem Titel: „Die Bedeutung der Technik in der

Abb. 20. Deutschlands Fleischverbrauch vor und nach dem Kriege.

Abb. 22 bis 25. Vergleich der Wirkungsgrade der Getreideäcker in den Provinzen Brandenburg und Hannover und im Freistaate Bayern 1924. (Ernteertrag in t, geteilt durch Anbaufläche in ha, für Roggen, Weizen, Hafer und Gerste.)

Abb. 26. Weitgedrillter und gehackter Weizen auf Rittergut Markee bei Nauen.

Abb. 27. Dünnsaat-Drillmaschine.

Abb. 28. Hackmaschine.

Landwirtschaft für das deutsche Agrar-Programm" u. a.: „Wir wollen unseren Industriestaat nicht wieder zum Agrarstaat entwickeln, sondern wir wollen den Industriestaat weiter entwickeln, indem wir das bisher vorwiegend handwerklich ausgeübte größte deutsche Gewerbe, die Landwirtschaft, industrialisieren!" — „Selbst wenn es uns heute gelingen sollte — was sehr zweifelhaft ist — die Friedenshöhe der Ausfuhr wieder zu erreichen, so fehlen uns dann noch die 2,5 Milliarden Mark zusätzlicher Belastung durch das Dawes-Gutachten, die ziemlich genau für alle Arbeitsfähigen Deutschlands täglich eine Stunde Mehrarbeit ausmachen. Diese Mehrarbeit von einer Stunde täglich kann selbstverständlich auch dadurch ersetzt werden, daß wir den Wirkungsgrad der achtstündigen Arbeitszeit um 12½ vH steigern."

Zander erwähnt dann unsere verlorenen Rohstoffgebiete, „im Osten ein Überschußgebiet für Nahrungsmittel (Westpreußen, Posen), im Westen das Lothringer Erz und das Elsässer Kali und über See unsere kolonialen Rohstoffgebiete für Baumwolle, Gummi, Kaffee, Fleisch u. dgl." und fährt fort:

„Dieses Loch in der Bilanz kann bei der heutigen Lage der Weltwirtschaft und ihrer Entwicklungsrichtung nicht durch beliebige Steigerung der industriellen Ausfuhr gestopft werden, sondern nur durch Erschließung neuer Rohstoffquellen im Innern Deutschlands."

„Theoretische Berechnungen und praktische Erwägungen lassen es als durchaus möglich erscheinen, bei richtiger Wirtschaftspolitik in etwa fünf Jahren den Wert der landwirtschaftlichen Erzeugung um 50 vH zu steigern und damit einen Betrag von jährlich etwa 5 Milliarden RM zur Gesundung unserer Wirtschaftsbilanz als neuen Wert beizusteuern."

Die so geschilderte Aufgabe verlangt demnach zuerst die Übertragung von Kenntnissen und Erfahrungen, die ein kleiner Teil der Berufsangehörigen seit langem mit Erfolg anwendet, auf die große Masse der Landwirte.

Wir hatten vor dem Kriege 5,6 Millionen landwirtschaftliche Betriebe, die sich ungefähr folgendermaßen verteilten:

Klasse				
Klasse I	bis 2 ha	. . . . .	3,4	Mill. Betriebe
„ II	2 „ 5 ha	. . . . .	1,0	„ „
„ III	5 „ 20 ha	. . . . .	1,1	„ „
„ IV	20 „ 100 ha	. . . . .	0,26	„ „
„ V	über 100 ha	. . . . .	0,024	„ „

Der von diesen Klassen bewirtschaftete Boden betrug in Hundertteilen der gesamten landwirtschaftlichen Fläche:

Klasse	
Klasse I	5,4 vH
„ II	10,4 „
„ III	32,7 „
„ IV	29,3 „
„ V	22,2 „

Die Gebietsverluste vor allem im Osten haben die Flächen um 10 bis 15 vH verringert. Demnach bewirtschaften etwa 270 000 Landwirte (Klassen IV und V) rd. 50 vH des deutschen Bodens und etwa 1 Million Landwirte (Klasse III bis V) rd. 80 vH; von den über fünf Millionen deutschen Landwirten braucht man daher nur ⅕ unmittelbar zu beeinflussen, damit der Plan durchgeführt werden kann, wobei sicherlich auch für die übrigen ⅘ Kleinbetriebe das gute Beispiel manche Rückständigkeit beseitigen wird.

Die berufliche Beeinflussung von einer Million Landwirten ist eine erzieherische Angelegenheit von gewaltigem organisatorischen Umfang. Die deutsche Agrarfrage ist also nicht eine Berufsfrage der Landwirtschaft oder ein Kampfobjekt politischer und wirtschaftlicher Gegensätze, sondern die grundlegende Lebensfrage des deutschen Volkes.

Die Mittel zur Steigerung der landwirtschaftlichen Leistungsfähigkeit.

Zander schlägt, um zum Erfolg zu kommen, vor,

a) daß die Regierung der Landwirtschaft durch kurzfristige Kredite über die augenblickliche Notlage hinweghilft und durch langfristige Kredite zu einem dauernd hochgesteigerten Intensivbetrieb kommen läßt,
b) die Erziehung von einer Million Landwirten zum Fortschritt und dann
c) eine Aufstellung der dringlichsten und wirtschaftlichsten Maßnahmen zur Einführung technischer Arbeitsverfahren in die Landwirtschaft.

Bei einer großzügigen Kreditgewährung an die Landwirtschaft würden nicht nur durch Steigerung der Nahrungsmittelmenge große Neuwerte geschaffen und unser Devisenbedarf für die Einfuhr entlastet, sondern die Landwirtschaft würde vor allem dem Bau- und Maschinenmarkt Deutschlands große Aufträge erteilen und dadurch die innere Kaufkraft der deutschen Bevölkerung stärken können.

Zur Erziehung der großen Masse der Landwirte zur besseren Ausnutzung des Bodens hat der Verein deutscher Ingenieure im Herbst vorigen Jahres eine Eingabe an den Herrn Reichsernährungsminister gerichtet und gefordert, daß möglichst bald alle landwirtschaftlichen Lehr- und Versuchstellen in ganz Deutschland aufgefordert und beauftragt werden, in allen Gebieten Deutschlands auf den verschiedensten Böden und in den verschiedensten klimatischen Lagen planmäßige Getreide-Anbauversuche auf geeigneten Versuchsfeldern zu machen oder zu veranlassen, unter Anwendung neuzeitlicher Bodenbearbeitung und zweckentsprechender Düngung, unter Anwendung sparsamer Aussaat (Dünnsaat) und ausgiebigster Verwendung der Hackmaschine in Reihen tunlichst nicht unter 20 cm. Dabei sollen die Niederschlagmengen gemessen, das Wachstum und das Verhalten der Getreidepflanzen von Zeit zu Zeit durch photographische Aufnahmen überwacht und schriftlich aufgezeichnet, die Ernteerträge an Getreide und Stroh eingetragen, die Gesamtergebnisse den zuständigen Landwirtschaftsministerien der Länder schriftlich unterbreitet und durch diese dem Reichsernährungsministerium zugeleitet werden.

Von hier aus sollen dann die Ergebnisse gesammelt in allen Fachzeitschriften veröffentlicht und die Ergebnisse der einzelnen Gebiete mit kurzem, leichtfaßlichem Text

allen Bürgermeistern und Gemeindevorstehern übersandt werden mit dem Ersuchen, sie an den Türen der Gemeindehäuser, Kirchen usw. anzuschlagen.

Ein derartig großzügiger Plan würde m. E. billig sein (die Durchführung kostet rd. 1 bis 2 Mill. RM) und würde in einfachster Weise Aufklärung schaffen über folgende Fragen:

1. Läßt sich im allgemeinen durch Anwendung von Dünnsaat und durch Hacken eine Ersparnis an Saatgut und dabei ein höherer Ernteertrag erzielen?
2. Welcher Boden und welches Klima (Höhenlage, Niederschlagmengen) eignet sich am besten für Dünnsaat?
3. Welche Maschinen haben sich dabei als geeignet erwiesen?
4. Welche Düngergaben würden angewendet und welche haben Erfolg gebracht?
5. Welches Saatgut wurde verwendet und in wieviel kg/ha kam es zur Anwendung?

Abb. 29. Kotonisierungsmaschine für Hanf und Flachs auf mechanischem Wege.

Hierdurch würde zum mindesten die ganze Frage in Fluß gebracht, die Öffentlichkeit, nicht nur die Landwirte, würden diesen großzügigen Vergleichversuchen, die sich unter staatlicher Oberaufsicht über alle Gebiete Deutschlands erstrecken würden, sicherlich starke Aufmerksamkeit entgegenbringen. Es würde wahrscheinlich eine Art sportlichen Wettbewerbes einsetzen und jeder Bezirk würde bemüht sein, gut abzuschneiden. Das hierfür ausgegebene Geld, eine Kleinigkeit in unserem Staatshaushalt, würde gut angewendet sein.

Auf die Eingabe des Vereines deutscher Ingenieure, für dessen tatkräftiges Vorgehen auch auf diesem so ungemein wichtigen Gebiete wir gar nicht dankbar genug sein können, ist m. W. vom Reichsernährungsminister noch keine Antwort erfolgt. Wir erwarten, daß das Reichsernährungsministerium möglichst bald Stellung dazu nimmt, und hoffen, daß sich die Regierung im Interesse des Volksganzen mit Umsicht und Tatkraft in zäher Durchführung dieser Aufgabe widmen wird.

Direktor N. G a g e l von der Maschinenabteilung der Bayerischen Warenvermittlung landwirtschaftlicher Genossenschaften, A.-G., München, stellt im Wochenblatt des Landwirtschaftlichen Vereins in Bayern vom 4. Februar 1925 folgende sehr beachtliche Berechnung auf:

„Es ist nicht zu hoch gegriffen, den Mehrertrag bei Drillsaat gegenüber Handsaat durchschnittlich auf 1 Zentner pro Tagwerk (etwa 3,3 Ztr. pro 1 ha) zu schätzen, wenn neben der Drillmaschine auch noch die Hackmaschine verwendet wird. Unter Außerachtlassung des Mehrertrags an Stroh, dessen Wert für Unterhaltungs- und Unterbringungskosten der Maschinen angesetzt werden kann, ergibt sich also bei 20 Tagwerk (1 ha etwa 3,3 Tagwerk) Getreidebau ein Körnermehrertrag von 20 Ztr., das sind bei einem Preis von 12 ℳ/Ztr. 240 ℳ im Jahr.

Ein fortschrittlicher Landwirt wird sich also folgende Rechnung aufstellen:

Anschaffungskosten einer Sämaschine für einen Betrieb mit 20 Tagwerk Getreidebau . . .	ℳ 300.—
Anschaffungspreis einer Hackmaschine für den gleichen Betrieb	ℳ 260.—
insgesamt	ℳ 560.—
Jährliche Ersparnis an Saatgut durch Anwendung der Drillsaat	ℳ 90.—
jährlicher Mehrertrag durch Anwendung von Drill- und Hackmaschine	ℳ 240.—
jährlich insgesamt	ℳ 330.—
Verzinsung des Anlagekapitals im ersten Jahr = 15 vH aus 560.—	ℳ 84.—
verbleiben im 1. Jahr außer Verzinsung des gesamten Kaufpreises zur Abzahlung des Anschaffungswertes	ℳ 246.—

Nach Abzug dieses Betrages vom Gesamtankaufspreis verbleiben für das 2. Jahr	ℳ 560.—	
weniger	ℳ 246.—	ℳ 314.—
Dazu 15 vH Jahreszinsen		ℳ 47.10
		ℳ 361.10
Abzüglich Saatgutersparnis und Mehrertrag im 2. Jahr wie oben (ℳ 90.— plus ℳ 240.—)		ℳ 330.—
Rest		ℳ 31.10

oder mit anderen Worten:

Nach 2 Jahren sind beide Maschinen einschließlich 15 vH Zinsen bis auf 31,10 ℳ bezahlt und bringen ihrem Besitzer noch mindestens 8 Jahre hindurch unter obiger Voraussetzung jährlich etwa 330 ℳ Nutzen.

Diese Zahlen sollten genügen, um jeden Landwirt, der noch mit der Hand sät und Getreide nicht hackt, zur sofortigen Einführung der Drill- und Hackkultur zu veranlassen."

Ich möchte noch hinzufügen, daß es wohl nur ganz wenige Maschinen gibt, die sich in so kurzer Zeit so gut bezahlt machen.

Z a n d e r stellt die Hackmaschine, Abb. 28, im Rahmen des aufzustellenden deutschen Agrarprogramms zur Industrialisierung der Landwirtschaft an die Spitze: „500 000 Hackmaschinen einfacher Bauart dürften sich mit 200 Mill. Mark beschaffen lassen und für mehrere Milliarden Mark heutiger Erntewerte eine ganz wesentliche Steigerung bedeuten. Das Kapital für neue Hackmaschinen wird sich also schon dann in einem Jahr bezahlt machen, wenn nur 20 vH der heutigen deutschen Erntewerte um 1/10 gesteigert werden; erreichbar ist aber wesentlich mehr."

Das sind Urteile von Fachleuten und Volkswirten, die die Arbeit der deutschen Landwirtschaft aus der eigenen Praxis gründlich kennen. Und vor diesen erreichbaren Möglichkeiten und Wertsteigerungen soll die Regierung, sollen wir, soll das deutsche Volk die Augen verschließen und die Hände in den Schoß legen?

Sollen tatsächlich unsere Ernteerträgnisse um die fehlenden 30 vH gesteigert werden, so muß unser ganzes Volk seine Gleichgültigkeit endlich aufgeben. Der Bauer muß loskommen von seinen unzeitgemäß altväterlichen Anbauverfahren; nicht nur die kleine Zahl der aufgeklärten Landwirte, sondern die große Masse der Bauern muß die Maschinen verstehen und richtig anwenden lernen.

Z a n d e r stellt für die Durchführung des geschilderten neuen Agrarprogrammes:

1. Gewährung von Krediten an die Landwirtschaft,
2. großzügige Aufklärung von einer Million deutscher Landwirte,
3. Beschaffung von geeigneten Maschinen

die Forderung:

Abb. 30. Futterschneidemaschine.

- a Holzgestell
- b Vorderrad
- c Hinterrad
- d Messerrad im ganzen
- e Nabe
- f Blechscheiben
- g Windflügel
- h Unterer Messerkeil
- i Oberer Messerkeil
- k Stellschraube
- l Messer
- m Befestigungsschraube
- n Messerradgehäuse
- o Kugellager
- p Antriebscheibe
- q Schnittrahmen
- r Untere Einziehwalze
- s Obere Einziehwalze
- t Preßdeckel
- u Preßfeder
- v Preßbügel
- w Preßhebel
- x Regulierwalze
- y Leitwalze
- z Leitwalzenhebel
- a_1 Kettenzugwalze
- a_2 Kettenzug
- a_3 Kettenzugspannvorrichtung
- a_4 Futterlade.

Die Schaffung einer Reichszentralstelle für die Durchführung des Agrarprogrammes.

Das scheint auch mir notwendig und zweckentsprechend zu sein. In dieser Reichszentralstelle sollten außer den dazu berufenen Regierungsvertretern namhafte Landwirte, Volkswirtschaftler und Ingenieure sitzen, und ich möchte wünschen, daß auch hier der Verein deutscher Ingenieure tatkräftig mitwirkt und hilft, die große Aufgabe zum größeren Ziele zu führen.

Selbstverständlich kann die Durchführung des neuen Agrarplanes mit der Steigerung der Getreideerzeugung durch Drillmaschinen, Hackmaschinen, Düngerstreuer usw. nicht sein Bewenden haben. Möglichst viele deutsche Traktorpflüge zu erschwinglichen Preisen müssen zur besseren Bearbeitung des Ackerbodens angeschafft werden, zur Entlastung der Zugtiere und Ersparnis an Futter und Zeit; die ausgiebige Anwendung von Futtertürmen, der Anbau von Hanf auf den weiten, heute noch brachliegenden Niederungsmooren Deutschlands ist zu fordern. Die letztgenannte Frage dürfte durch die Erfindung der Hanfentfaserungsmaschine, Abb. 29, von Dr. Gminder, Reutlingen, ganz besondere Bedeutung für Deutschland haben und ihrer Lösung nahe sein. Diesbezüglich darf ich auf die eingehenden beachtenswerten Ausführungen von Dr. Gminder in der Fachsitzung „Technik in der Landwirtschaft" verweisen (s. folgende Seite).

Bei der Frage der Futtertürme möchte ich auch noch kurz hinweisen auf eine neue Futterschneidemaschine mit Gebläse zum Füllen der Silos, die kürzlich auf den deutschen Markt gekommen ist, Abb. 30.

Leider verbietet der Raum, über die für die Industrialisierung der Landwirtschaft so wichtige Frage der Gewinnung von Edelmist durch das Gärstätteverfahren von Kranz, Memmingen, zu sprechen, obwohl das mit Rücksicht auf die durch den Regen wegfließenden Stalldüngerhaufen, die Werte von vielen Millionen Goldmark, die ausgewaschen und entwertet werden, darstellen, sehr verlockend sein könnte. Andeuten kann ich nur die so bedeutsame Frage der Erzeugung von Nahrungskohlenstoff. Nur kurz weise ich auf die Bedeutung gerade dieser Frage hin, wenn ich erwähne, daß die deutsche Landwirtschaft jährlich etwa 70 Millionen t Nahrungskohlenstoff erzeugt, also eine Menge, die in der Größenordnung sehr nahe an die Kohlenstofferzeugung der deutschen Steinkohlenindustrie heranreicht, sie ihrem Werte nach aber etwa um das Fünffache übertrifft.

Der Kohlenstoff der Landwirtschaft liefert in erster Linie jene Wärmemengen, die zur Erhaltung des menschlichen Körpers und zur Erzeugung seiner mechanischen Arbeitsleistung erforderlich sind, unmittelbar durch die Pflanzennahrung, mittelbar durch das Schlachtvieh, wobei der letzte Weg mit etwa 90 vH Verlust für die menschliche Ernährung arbeitet.

Besonders die Ingenieure dürften Verständnis dafür haben, daß die heute noch sehr wenig vorgeschrittene Erforschung dieses uns alle so stark angehenden Gebietes versuchen muß, Klarheit darüber zu schaffen und eine Mehrung des Nahrungskohlenstoffes anzustreben. Es ist nur bedauerlich, daß sich unsere amtliche landwirtschaftliche Wissenschaft bisher mit der Herkunft dieser letzten Grundlage des landwirtschaftlichen Gewerbes so gut wie gar nicht beschäftigt hat.

Vergegenwärtigt man sich die gewaltige Forschungsarbeit, die sich seit Jahrzehnten der industriellen Kohle zuwendet, eine Arbeit, die heute in einem besonderen Forschungsinstitut zusammengefaßt wird, dann muß man zugeben, daß auf dem vielleicht viel wichtigeren Gebiete der Erforschung des Nahrungskohlenstoffs noch fast alles getan werden muß.[1])

Abb. 31. Einzelkornsämaschine von Professor Dr. Kühne.

[1]) s. S. 672 dieses Heftes; der Vortrag der Fachtagung von Dr. Reinau, Die Kohlensäure des Ackerbodens, erscheint in einem der nächsten Hefte.

Erwähnt sei noch eine landwirtschaftliche Maschine, die in weiten Kreisen, nicht nur der Landwirtschaft, großes Aufsehen erregt hat, eine Erfindung von Prof. Dr. Georg Kühne von der Technischen Hochschule München, die Einzelkornsämaschine, Abb. 31, mit der man in der Lage ist, einzelne Saatkörner in ziemlich genauen Abständen in den Ackerboden einzulegen[1]). Diese Maschine ist meines Wissens an verschiedenen Stellen Deutschlands mit Erfolg ausgeprobt worden. Wenn es gelingen sollte, sie so zu vereinfachen, daß man mit ein und demselben Sämechanismus zum mindesten alle Getreidearten in gewollten Abständen und Tiefen ohne Auswechseln der Säräder aussäen kann, dann würde sie die vollkommenste Sämaschine sein, die man sich denken kann und die der Landwirt sich erträumt. Die Lösung gerade dieser Aufgabe ist aber außerordentlich schwierig.

Eine andre deutsche Maschine, die dazu bestimmt ist, den Grassamen von den Wiesen zu ernten und gleichzeitig das Gras zu schneiden, zeigt Abb. 32. Diese Maschine ist insofern bemerkenswert, als sich Deutschland durch ihre Anwendung unabhängig machen kann vom Grassamenbezug aus dem Ausland, wohin wir jährlich viele Millionen Goldmark für Grassamen zum Ansäen unsrer Wiesen abführten.

Ich habe in kurzen Zügen das Elend Deutschlands vor Augen geführt, ein erschreckendes Bild der niedergebrochenen Industrie und Landwirtschaft nach dem Kriege. Ich habe den Weg gezeigt, der uns wieder aufwärts führen kann, wenn wir einsichtig und tatkräftig sind, wenn wir alle es wollen. Möge dieser Wille in unserer Regierung, in unserer Landwirtschaft, in unseren Ingenieuren, in einem jeden von unseren Volksgenossen stark sein, ohne Voreingenommenheit, ohne Mißgunst, ohne Parteiklüngel!

[1]) s. Z. Bd. 68 (1924) S. 113.

Abb. 32. Grassamen-Erntemaschine Grünland.

Und so schließe ich mit dem schönen Wort Fichtes, das auch einer unserer bedeutendsten Landwirte, Rittergutsbesitzer von Lochow auf Petkus, bei der Herbsttagung der „Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft" in Erfurt 1923 an seine Fachgenossen richtete, als die deutsche Landwirtschaft öffentlich ausgesprochen hatte, daß Deutschlands Landwirte in der Lage seien, Deutschlands Volk aus Deutschlands Scholle zu ernähren:

„Du sollst an Deutschlands Zukunft glauben,
An deines Volkes Aufersteh'n.
Laß diesen Glauben dir nicht rauben —
Trotz allem, allem, was gescheh'n!
Und handeln sollst du so, als hinge
Von dir und deinem Tun allein
Das Schicksal ab der deutschen Dinge
Und die Verantwortung wär' dein!"

Hanfbau und Hanfverwertung in Deutschland.

Von Dr.-Ing. eh. Emil Gminder, Reutlingen.

Thesen zu einem Bericht in der Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Fachsitzung „Technik in der Landwirtschaft", am 10. Mai 1925 in Augsburg.

Der Anbau des besonders gezüchteten „deutschen Hanfes" auf 1 Million ha Moorboden würde im Jahr etwa 1 Mill. t Hanfsamen und 800000 t Rohfaser ergeben, woraus 300000 t Speiseöl, 650000 t Kraftfuttermittel und 500000 t kotonisierte Spinnfaser hergestellt werden können. Landwirtschaftliche und industrielle Verarbeitung des Hanfes.

Die mit dem Dawes-Gutachten übernommenen gewaltigen Lasten machen schon in den nächsten Jahren große Überschüsse der deutschen Volkswirtschaft zur Bezahlung der Verpflichtungen notwendig. Die deutsche Wirtschaft muß deshalb möglichst schnell gesunden, die jetzt noch stark passive Handelsbilanz möglichst bald und möglichst stark aktiv werden, ohne daß die Lebensbedürfnisse aller Bevölkerungsschichten darunter leiden.

Zwecks Aktivierung der Handelsbilanz ist neben der Förderung der Ausfuhr die Einfuhr möglichst zu verringern. Ins Gewicht fällt nur eine Minderung der Güter, die dem großen Massenbedarf dienen, besonders Nahrungsmittel und nicht zuletzt Rohstoffe für die Textilindustrie.

Große Einfuhrersparnisse auf diesen Gebieten sind dadurch möglich, daß der Anbau des Hanfes in Deutschland gefördert wird, und zwar einer besonders für die deutschen Bedürfnisse gezüchteten Sorte, ohne daß der bisher schon landwirtschaftlich genutzte Boden irgendwie eingeschränkt zu werden braucht und ohne daß unverhältnismäßig große Kapitalien aufzuwenden sind.

Anbau und Ernte.

Die Hanfpflanze gedeiht nämlich vorzüglich auf Moorboden. In Deutschland sind 3,5 Mill. ha Moore vorhanden, von denen 2,5 Mill. ha nicht oder nur sehr schlecht genutzt werden. Der Hanf bedarf zu seinem Gedeihen insbesondere des Stickstoffs, daneben der Phosphorsäure und des Kalis. Der Stickstoffgehalt der Moore ist so groß, daß er ohne neue Zufuhr für den Hanfanbau vieler Jahre genügt.

Ein Hektar Moorboden ergibt eine Ernte von 6000 kg deutschen Hanfes, darunter 1000 kg Hanfsamen. Aus dem Hanfsamen können 26 bis 32 vH Hanföl gewonnen werden, das raffiniert ein vorzügliches Speiseöl ergibt. Die Preßkuchen, etwa 70 vH des Hanfsamens, stellen ein wertvolles öl- und eiweißhaltiges Kraftfutter dar. In Deutschland könnten in jedem Jahr 1 Mill. t Hanfsamen und daraus etwa 300 000 t Speiseöl und 650 000 t Kraftfuttermittel gewonnen werden.

Im Fruchtwechsel mit Hanf könnten auf dem neu gewonnenen Lande große Mengen Kartoffeln und andrer Früchte gebaut werden.

Von den auf 1 ha Moorboden geernteten Stengeln können rd. 800 kg Rohfaser oder 400 bis 500 kg kotonisierte Spinnfaser gewonnen werden. 1 Mill. ha Moorboden würde genügen, in Deutschland so viel spinnfähige Fasern zu erzeugen, daß die gesamte Baumwolleinfuhr (vor dem Kriege rd. 500 Mill. kg im Jahr) überflüssig werden würde.

Um dieses volkswirtschaftlich erstrebenswerte Ziel zu erreichen, müssen die Landwirtschaft, die Technik landwirtschaftlicher Maschinen und die Textiltechnik zusammenwirken; für alle Beteiligten wirkt sich der Hanfbau auch privatwirtschaftlich lohnend aus.

[1]) s. Z. Bd. 68 (1924) S. 113.

Zum Anbau in Deutschland ist vom Oberamtmann Schurig in Markee und seinem wissenschaftlichen Mitarbeiter Dr. Heuser aus russischem Samen ein dünnstengeliger, etwa 3½ bis 8 mm dicker, 150 bis 180 cm hoher Hanf: „der deutsche Hanf" auf Samen- und Faserertrag zugleich gezüchtet worden. Im April oder Mai werden 60 bis 80 kg Samen auf 1 ha 20 cm breit gedrillt, nur einmal oder auch gar nicht gehackt und nach 120 bis 140 Tagen im September oder Oktober nach der Saatreife mit der Maschine gemäht, und zwar männliche und weibliche Pflanzen zusammen. Der Hanf wird dann gebündelt, auf dem Felde zum Trocknen aufgestellt und danach in die Scheune gefahren.

Die früher beim Hanfanbau notwendige viele Arbeit und das Wetterrisiko bei der Ernte und beim Rösten kommen also in Wegfall. Nach dem jetzt vorliegenden Verfahren ist es weder notwendig, den Femel (die männliche Pflanze) vorher von Hand zu ernten, noch den von den Witterungsverhältnissen sehr abhängigen und vielfach mit Fehlschlägen verbundenen Röstprozeß vorzunehmen[1]).

Menschliche Arbeitskraft wird also im Gegensatz zu dem alten Hanfbauverfahren, insbesondere während der Zeit, in der der Landwirt durch Erntearbeiten ohnehin sehr beschäftigt ist, nur wenig in Anspruch genommen: auf 1 ha 2,5 Arbeitstage gegenüber 13,5 bis 15 beim Zuckerrübenbau[2]). Der Hanf wird wirtschaftlich zweckmäßig nicht in kleinen Betrieben angebaut, sondern wegen der großen ebenen Flächen und der Maschinenarbeit auf mittelgroßen und großen Gütern.

Landwirtschaftliche Verarbeitung — Ertrag.

Außer Fasern und Öl gewinnt der Landwirt die aus der Entfaserungsmaschine anfallenden kleingeschlagenen, rd. 1 cm langen allseitig verletzten Holzteile, die Schäben. Diese bilden eine vorzügliche Streu, die schneller und besser als Stroh Jauche aufsaugt und durch Vermeidung von Ammoniakbildung Stickstoffverluste verhindert. Volle zwei Drittel des Erntegewichts, rd. 4000 kg/ha bleiben damit als wertvoller Humusbildner dem Boden erhalten. Der so gewonnene trockene und kurzfaserige Dünger läßt sich maschinell streuen und auch mit dem Hochdruckspritzverfahren auf dem Acker verteilen. Er braucht nicht tief in den Boden eingearbeitet zu werden und bildet nicht wie der Strohdünger ein Hindernis für die Ackergeräte. Die von 1 ha Boden anfallende Menge Hanfschäben ist größer als die des auf der gleichen Fläche erzeugten Strohs.

Außer als Streumittel können die Schäben auch für Heizzwecke verwendet werden. Sie haben einen Heizwert von 4500 kcal/kg, also etwa zwei Drittel des Heizwertes guter Steinkohlen. Auch hier ist die Menge auf 1 ha wesentlich größer als der jährliche Zuwachs auf der gleichen Waldfläche. Die Asche der Schäben, rd. 3,5 vH des Schäbengewichtes, stellt noch einen guten Dünger mit ungefähr demselben Phosphorgehalt wie Stroh dar.

Ein weiterer Vorteil für die Landwirtschaft ist die ausgezeichnete Lockerung des Bodens durch die Hanfpflanze; die dadurch hervorgerufene Bodengare ergibt bei der nachfolgenden Frucht Mehrerträge bis zu 50 vH.

Privatwirtschaftliche Gegenüberstellung des Ertrags bei Weizen und bei Hanf auf 1 ha:

Weizen			
2800 kg	Weizen	zu je 25 ℳ/100 kg . . .	700 ℳ
3500 „	Stroh	„ „ 3 „ „ . . .	105 „
			805 ℳ
Hanf			
800 kg	Rohfaser	zu je 50 ℳ/100 kg . .	400 ℳ
1000 „	Samen	„ „ 30 „ „ . .	300 „
4000 „	Streu	„ „ 3 „ „ . .	120 „
			820 ℳ

Durch die bisher notwendige Röste wurde der Pflanzenleim zum Teil zerstört und 17 vH des Stengelgewichtes an Rohfasern gewonnen, die zu Seilen, Tauen und in der Hanflangfaser-Spinnerei zu groben Garnen verarbeitet wurden. Die Abfälle der Langfaserspinnerei dienten zur Herstellung der noch gröberen Werggarne.

Heute kann nach meinem neuen Verfahren im Winter der mit der Mähmaschine geerntete Hanf ohne vorherige Trennung von Samen, Kolben und Blatteilen auf einer fahrbaren Maschine (s. Abb. 29 auf S. 625) in einem Arbeitsgang in Rohfaser, Samen und Holzteile zerlegt werden. Die so gewonnenen Rohfasern (wenig mehr als 20 vH des Hanfgewichtes) können in Ballenpackung als hochwertiges Gut überallhin wersandt werden, während die sperrigen Stengel wegen des großen toten Holzgewichtes und der unvermeidlichen Beschädigung beim Auf- und Abladen nicht verschickt werden konnten.

Verarbeitung in der Faserstoffindustrie.

Die so gewonnenen, bis 35 cm langen Rohfasern können ohne weiteres nach einem zum Patent angemeldeten Verfahren so erweicht und verfeinert werden, daß sie in der Wergspinnerei Verwendung finden können. Auf einer in der Wergspinnerei aufzustellenden neuen Maschine können die dort anfallenden Kardenabfälle so gereinigt werden, daß davon nur noch ein Drittel als weiter brauchbarer Rohstoff (Rohfasern bis 10 cm Länge) in die Kotonisierungsanstalten versandt zu werden brauchen. Auch dieser Rest wird sich voraussichtlich nach einem in Bearbeitung befindlichen Verfahren unmittelbar verspinnen lassen.

Durch die Kotonisierung, d. h. die Zerlegung der Bastfaserbündel in ihre baumwollähnlichen Einzel- oder Elementarfasern — baumwollähnlich wegen der Länge und Dicke der Fasern, besonders aber wegen der Verspinnbarkeit nach Baumwollart — wird nach einem vom Verfasser ausgearbeiteten Verfahren eine Edelfaser gewonnen. Dieses Kotonisierungsverfahren entspricht allen Anforderungen, die der Textilfachmann an ein solches stellen muß: unbedingt gleichmäßige und schonende Behandlung größter Mengen Bastrohfasern bis zur spinnfähigen Faser bei einem geringstmöglichen Aufwand an Zeit, Arbeit, Kohlen, Chemikalien und Einrichtungskosten.

Die kotonisierte Faser ist 0,5 bis 5 cm lang, 18 bis 25 μ dick und, was spinntechnisch sehr wichtig ist, oben und unten zugespitzt. Sie ist allerdings verschieden dick, je nachdem sie vom unteren oder oberen Teil des Stengels stammt. Die Festigkeit ist um etwa 30 vH größer als bei Baumwolle.

Die Kotonisierung nach meinem Verfahren besteht in einer vereinigten chemisch-mechanischen Aufschließung. Sie erfolgt in großen Mengen in ein und demselben Gefäß mit sehr geringem Aufwand an Kraft und Chemikalien.

Die aufgeschlossene nasse Faser wird auf einer Schleuder, die während des Betriebes gefüllt und geleert werden kann (dadurch große Ersparnisse an Zeit und Energie) von der Flotte befreit und kann nach vollständigem Trocknen sofort der Baumwollspinnerei zugeführt werden. Für die Baumwollspinnerei stehen in Deutschland gegen 10 Mill. Spindeln zur Verfügung, während nur ungefähr 300 000 Flachsspindeln und noch viel weniger Hanfspindeln in Deutschland laufen.

Die Kotonisierung wurde bisher angewandt zum Veredeln der Kardenabfälle aus den Bastfaserspinnereien. Da diese Kardenabfälle aber nicht ausreichen, muß auf den deutschen Hanf als solchen zurückgegriffen werden.

Die kotonisierte Hanffaser ähnelt am meisten der Baumwollfaser. Sie könnte technisch ohne weiteres allein versponnen werden, aus wirtschaftlichen Gründen ist es jedoch zweckmäßiger, sie mit 20 bis 50 vH Baumwolle zu vermischen. Die hieraus hergestellten Mischgarne werden zu Stoffen verwebt, die den Charakter von Leinenstoffen haben und die Vorzüge von Baumwoll- und Leinengeweben vereinigen, aber billiger als beide sind.

Diese in den verschiedensten Stärken und Webarten hergestellten Gewebe dienen, gebleicht, als Wäschestoffe, mit Indanthren-, Naphthol- und andern echten Farben licht-, luft- und waschecht gefärbt, als Kleider-, Möbel- und Dekorationsstoffe sowie als Stoffe für Näh- und Stickarbeiten, Bucheinbände usw.

Die angeführten großen, durch den heutigen Stand der Technik ermöglichten volks- und privatwirtschaftlichen Vorteile lassen es angezeigt erscheinen, den Anbau des „deutschen Hanfs" zu fördern. [B 422]

[1]) Vergl. hierüber Dr. Heuser, „Der deutsche Hanf", Leipzig, Verlag Hirzel.

[2]) Vergl. Augstin „Deutsche landwirtschaftliche Presse" 1915 Nr. 18.

Dieselmaschinen.

Dieselmaschinen in Amerika.

Von Prof. Dr.-Ing. A. Nägel, Dresden.

Vortrag in der Fachsitzung „Dieselmaschinen" der 64. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure in Augsburg 1925.

Der Verfasser hat auf einer Studienreise in den Vereinigten Staaten im vergangenen Jahr eine größere Zahl führender Motorenfabriken besucht. Die grundlegenden Unterschiede, die für die Bewertung einer Motorenbauart zwischen der alten und der neuen Welt bestehen, werden für die Ausfuhr in Betracht gezogen werden müssen. Weiterhin ist das steigende Interesse bemerkenswert, das die Vereinigten Staaten am Ausbau großer Maschineneinheiten für die Zwecke des Schiffsantriebes wie für die der Spitzengruppen oder Aushilfsanlagen von Dampf- oder Wasserkraft-Elektrizitätswerken nehmen.

Doppeltwirkende Zweitakt-Dieselmaschine, Bauart Jörgensen der Snow Holly Works in Bufallo, N. Y., eines Zweigwerks der Worthington and Pump and Machinery Corporation in New York.

Eine Studienreise, die ich im Auftrage des Vereines deutscher Ingenieure von Mitte Juli bis Anfang November vorigen Jahres nach den Vereinigten Staaten von Amerika unternahm, gab mir die willkommene Gelegenheit, mich von dem gegenwärtigen Stande des Dieselmaschinenbaues in Amerika zu überzeugen. Ich will an die Spitze meiner Ausführungen die Tatsache stellen, daß ich — bis auf eine Ausnahme, die sich sicher bei etwas nachdrücklicherem Vorgehen auch hätte ausmerzen lassen — bei allen Firmen, bei denen ich vorsprach, die beste und entgegenkommendste Aufnahme gefunden habe, die ich mir vorstellen kann. Auch mit der Überlassung von zeichnerischem und sonstigem Material war man nicht zurückhaltend, obwohl meine Bitten zumeist auf das Neueste gerichtet waren, über das die Fabrik verfügte. Der gegenseitige Gedankenaustausch, auf den man an allen Stellen den größten Wert legte, förderte bald die ganze Reihe der guten und auch der weniger günstigen Erfahrungen zutage, die man mit der oder jener Bauart zu verzeichnen hatte.

Ich habe die folgenden Motorenfabriken — einige zweimal in längerem Abstand — besucht:

De La Vergne Machine Company, New York. N. Y.,
Electric Boat Company, New London-Groton, Conn.,
Blake & Knowles Works, East Cambridge, Mass.[1]),
Mc. Intosh & Seymour Corporation, Auburn, N. Y.,
Snow Holly Works, Buffalo, N. Y.,[1])
Sterling Engine Company, Buffalo, N. Y.,
The Pierce-Arrow Motor Car Company, Buffalo, N. Y.,
The White Motor Company, Cleveland, Ohio,
Ford Motor Company, Detroit, Mich.,
Allis-Chalmers Manufacturing Co., Milwaukee, Wis.,
The Falk Corporation, Milwaukee, Wis.,
Nordberg Manufacturing Company, Milwaukee, Wis.,
Fairbanks, Morse & Company, Beloit, Wis.,
Busch-Sulzer Bros. Diesel Engine Company, St. Louis, Mo.,
Fulton Iron Works Company, St. Louis, Mo.,
The Hooven, Owens, Rentschler Co., Hamliton, Ohio,
Mesta Machine Company, Pittsburgh, Pa.,
Bethlehem Steel Works, Bethlehem, Pa.

Soweit Halb-Diesel- und vollwertige Dieselmaschinen in Betracht kommen, worauf ich mich hier beschränken will, habe ich einige grundlegende Beobachtungen angestellt, die ich der Einzelbesprechung vorausschicken will. Während in England nach dem durch die Wembley-Ausstellung gegebenen Gesamtbild in kleineren und mittleren Leistungen die Glühkopfmaschine eine beherrschende Rolle spielt, haben die Vereinigten Staaten mit Deutschland die überragende Stellung der Dieselmaschine bis zu kleinen Leistungen gemeinsam, unterhalb deren die Vergasermaschine in ihre Rechte tritt. Da, wo ich noch Glühkopfmaschinen fertigen sah, fand ich durchgehend auch die neue nach dem Dieselverfahren arbeitende Maschine vor, die die Glühkopfmaschine allmählich zu verdrängen bestimmt war.

Keineswegs einheitlich war die Einstellung der einzelnen Firmen und ihrer maßgebenden Ingenieure zur Frage der Einspritzung und des Viertakts oder Zweitakts. Bei der mit hervorragend schönen Werkstätten ausgestatteten Fabrik von Mc. Intosh & Seymour in Auburn, N. Y., begegnete ich der grundsätzlichen Ablehnung der kompressorlosen Einspritzung und des Zweitaktverfahrens.

[1]) Zweigwerke der Worthington Pump and Machinery Corporation New York N. Y.

Abb. 6. Längsschnitt des Kolbens.

Abb. 7. Ansicht des Kolbens nach Abnahme der mittleren Schalenhälften.

Abb. 1 und **2.** Allgemeiner Aufbau der neuen doppeltwirkenden **Zweitaktmaschine** der Worthington Pump and Machinery Corporation, **New-York.**

1:80

Abb. 2.

alle amerikanischen Firmen, die sich dieses Verfahrens bedienen, zwischen Vorkammer und Arbeitszylinder eine oder mehrere Öffnungen von beträchtlichem Querschnitt anordnen, so daß im Gegensatz zu den deutschen Ausführungen zwischen Vorkammerraum und Arbeitszylinder zu keinem Zeitpunkt ein nennenswerter Druckunterschied auftritt, der im Sinn einer Zerstäubung des in der Vorkammer unverbrannten Brennstoffes in den Arbeitszylinder hinein wirksam werden könnte.

Im Zusammenhang mit der maßgebenden Rolle der Anschaffungskosten und mit Rücksicht auf die gebotene Einfachheit der Bedienung wird es für ausgeschlossen erachtet, Dieselmaschinen mit herabgesetztem Verdichtungsdruck zu bauen, weil hiermit besondere Hilfseinrichtungen für die Einleitung der Zündung beim Anfahren mit kalter Maschine notwendig werden.

Die Firma, die sich lediglich dem Bau von Dieselmaschinen widmet, baut im wesentlichen nach dem bekannten Augsburger Viertakt-Grundtyp, für dessen Ausführung sie ursprünglich eine schwedische Lizenz erworben hatte. Nur in Einzelteilen, wie z. B. im Steuerwellenantrieb durch Kegelräder und der Beschränkung des Druckluftanlassens auf einen einzelnen Arbeitszylinder bis zu fünfzylindrigen Maschinen, auf zwei Zylinder bei sechszylindrigen und auf drei Zylinder bei achtzylindrigen Maschinen war man vom vertrauten Urbild abgewichen.

Diese Firma, die auf Grund ihres langjährigen Rufes einer sehr guten Werkstattarbeit über einen gesicherten Abnehmerkreis verfügt, steht in bezug auf die geschäftlichen Grundsätze in einem vollkommenen Gegensatz zu den meisten übrigen Firmen. Diese konnten nicht kräftig genug betonen, welcher Unterschied zwischen dem amerikanischen und europäischen Maschinenmarkt in bezug auf die Anschaffungskosten (first costs) obwaltet; in Amerika pflegen nämlich die niedrigen Anschaffungskosten das Geschäft zu entscheiden, auch dann, wenn sich die Mehrkosten durch irgendwelche Betriebsvorteile reichlich bezahlt machen. Unter diesem Gesichtspunkt wurden die deutschen Dieselmaschinen im allgemeinen als zu teuer in der Herstellung bezeichnet. Man hält an vielen Stellen die Einführung des Zweitaktes im Sinne der Verbilligung der Maschine für aussichtsreich und notwendig und sucht durch kompressorlose Einspritzung für diesen Fall die Steuerwelle ganz überflüssig zu machen. Im Vordergrunde steht neben den Anschaffungskosten die Betriebsicherheit, deren Bedeutung den niedrigen Brennstoffverbrauch bei weitem überragt.

Die kompressorlose Einspritzung erfolgt nach dem Price- oder nach dem Leissner-Verfahren. Von dem Price-Verfahren hat in neuester Zeit R. Hildebrandt, Oberingenieur der Dieselabteilung der Fulton Iron Works in St. Louis, ein neues Verfahren abgeleitet[1]), worauf ich später eingehend zurückkomme. Beim Vorkammer-Verfahren nach Leissner ist auffällig, daß

[1]) Mechanical Engineering, April 1925 S. 261.

Große Schwierigkeiten bereitet im allgemeinen die mangelnde Zuverlässigkeit der Kolbenringe. Ich habe durchaus den Eindruck gewonnen, daß diese und die zugehörigen Kolbenringnuten oft nicht mit der erforderlichen Genauigkeit hergestellt werden, und daß man im Mittel mit sehr hohen Anpressungsdrücken von 0,5 at und mehr arbeitet.

Mit zu wenig Mühe hat man sich wohl bei allen Zweitaktmaschinen, die drüben entwickelt wurden, mit den Tücken des Spülvorganges abgefunden. Die Folge ist, vor allem bei höheren Drehzahlen, eine sehr mangelhafte Spülung, die sich in einem bescheidenen Bereich des er-

Abb. 3. Mittelstück des Zylinders, umgelegt.

Abb. 4. Obere Zylinderhälfte.

Abb. 5. Obere gußeiserne Haube.

Heizung

Abb. 8 und 9. Brennstoffpumpe 1 : 10.

reichbaren mittleren wirksamen Kolbendruckes äußert. Erst allmählich beginnt man, sich auf experimentellem Wege dieser Frage anzunehmen und planmäßig an die Entwicklung der aus den Spülversuchen herzuleitenden Zylinder- und Kolbenform heranzugehen.

Die den heutigen amerikanischen Dieselmaschinenbau geradezu begeisternde Aufgabe besteht in der Ausbildung der großen Schiffsdieselmaschine, für deren Anwendung beim Umbau der im Regierungsbesitz befindlichen Dampfer aus der Kriegzeit dem Handelsflottenamt (Shipping Board) der Regierung auf Grund eines Kongreßbeschlusses beträchtliche Mittel, je 25 Mill. Dollar für zehn Jahre zur Verfügung gestellt worden sind. Dieser Betrag kommt 15 Schiffsneubauten im Jahre zugute und wird nach einem besonderen Verfahren an die interessierten Kreise verteilt. Hierdurch gewinnt die Regierung ein Recht der Beaufsichtigung und der Begutachtung des hierfür in Betracht kommenden Motorenbaues. Die einzelnen Dieselmaschinenfirmen werden erst nach Beibringung einer Art Befähigungsnachweises in den Kreis der unterstützungsberechtigten Firmen aufgenommen. Es ist einleuchtend, daß sich unter solchen reizvollen Aussichten der Blick der für Großmaschinen in Betracht kommenden Firmen sowohl nach den in Europa ausgebildeten Bauarten wie auch auf eigene aufkeimende Erfindungsgedanken richtet.

Der erste Weg hat zu zahlreichen Lizenzbeziehungen zwischen amerikanischen und europäischen Firmen geführt, die, um einige Beispiele zu nennen, den Bau der englischen Doxford-Maschine zur Sun Ship Building Co. in Philadelphia, den der Burmeister & Wain-Maschine zur William Cramp Company in Philadelphia, der Augsburger Maschinen, vor allem der doppeltwirkenden Zweitaktmaschine zu den Firmen The Hooven, Owens, Rentschler Company in Hamilton, Ohio; Electric Boat Company in

Groton, Conn., und Federal Ship Building and Dry Dock Company in Kearny, N. J., verpflanzt haben.

Den zweiten Weg haben einige wenige Firmen beschritten. Den Anfang machten die Bethlehem Steel Works in Bethlehem, Pa., die eine große Sechszylinder-Zweitaktmaschine mit eigenartigem Spülventil entwickelten[1]). Die Maschine war in der Großgasmaschinenhalle des Hochofenwerks aufgestellt und wurde im Sommer des vergangenen Jahres, unter Nachlieferung von zwei Zylindern in zwei Vierzylindermaschinen geteilt, nach der Westküste der Vereinigten Staaten verkauft.

Das größte Aufsehen erregte im letzten Sommer die neue doppeltwirkende Zweitaktmaschine der Worthington Pump and Machinery Corporation in New York. Diese Maschine war in den zu dieser Firma gehörigen Snow Holly Works in Buffalo nach den Entwürfen des Oberingenieurs Jorgensen gebaut worden, der seine praktischen Dieselmaschinen-Erfahrungen als Ingenieur der Kopenhagener Werft von Burmeister & Wain gewonnen hat. Die Maschine, deren Aufbau Abb. 1 und 2 darstellen, verdient besondere Beachtung wegen der neuartigen Gliederung des Arbeitszylinders, der sich auf ein kräftiges Mittelstück, Abb. 3, nach oben und unten ansetzt. Dieses Mittelstück enthält die Kanäle zum Zuführen von Spül- und Ladeluft und die Auspuffkanäle.

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 740.

In das Mittelstück ist nach oben und nach unten je eine Zylinderhälfte angeschlossen, die aus einem glockenartigen Stahlgußstück mit eingeschrumpftem gußeisernen Laufzylinder besteht. Über diese Stahlguß-Zylinderhälften sind gußeiserne Hauben gestülpt, die zwischen sich und dem Stahlgußzylinder den Kühlraum bilden. Abb. 4 zeigt die Außenansicht der oberen Zylinderhälfte, wobei im Einklang mit Abb. 1 die Trennungslinie zwischen dem mit den Schlitzöffnungen versehenen gußeisernen Laufzylinder und dem Stahlgußmantel deutlich zu sehen ist. Die Stege zwischen den Schlitzen sind zum Zweck der Kühlwasserführung durchbohrt.

Der Stahlmantel ist außen wellig gedreht, damit die Kühlfläche größer wird. Abb. 5 zeigt die gußeiserne Haube, deren Innenfläche mit einer groben Schraubenliniennut versehen ist, damit die Kühlwassergeschwindigkeit und damit die Kühlwirkung gesteigert wird. Um die einzelnen Zylinderteile miteinander zu befestigen, preßt man zunächst jede Hälfte des Innenzylinders durch einen Rippengußring auf den Innenflansch des Mittelstückes, so daß sich jede Zylinderhälfte nach dem Zylinderende hin frei ausdehnen kann.

Die gußeiserne Haube ist durch Vermittlung eines gußeisernen Zwischenstücks am äußeren Ende des Stahlguß-Innenzylinders befestigt. Die Abdichtung des Kühlwasserraumes an dem nach der Zylindermitte gelegenen Rand der Haube besorgt, wie Abb. 1 zeigt, eine Stopfbüchse, die im Anpressungsring für die Zylinderhälften sitzt.

Für den oberen Verbrennungsraum ist eine axiale Brennstoffnadel, für den unteren Verbrennungsraum sind zwei unter 45° geneigte Brennstoffnadeln angeordnet. Der Konstruktion des Kolbens, Abb. 6 und 7, liegt die Absicht zugrunde, ihn aus zwei selbständigen einfachwirkenden Kolben zusammenzusetzen. Die Kolbenstirnflächen tragen Ablenkwulste, durch die der Spülluft die Richtung nach dem Zylinderende vorgezeichnet werden soll. Um rechtzeitig vor Beginn der Spülung den Druck der expandierenden Ladung herabzusetzen, hat man die Auspuffschlitze in Richtung nach dem Zylinderende länger als die Spülschlitze bemessen. Beim Verdichtungshub bleiben daher die Auspuffschlitze länger als die Spülschlitze geöffnet, womit eine verhältnismäßig tiefe Begrenzung des erreichbaren mittleren Drucks gegeben ist.

Die Brennstoffpumpe zeigen Abb. 8 und 9. Mit der Bauart und Wirkungsweise der Brennstoffnadel, Abb. 10

Abb. 10 und 11. Untere Brennstoffnadel.

Abb. 12. Anlaß- und Sicherheitsventil.

a Verschiebewelle
b Verschiebezylinder
c Verschiebbares Stirnrad
d Verschiebenabe mit Feder für das Kegelrad *e*
e Antriebkegelrad der Steuerwelle
f Druckluftsteuerung für die Anlaßventile.

Abb. 13. Umsteuerung.

und 11, hat man zunächst umfangreiche Versuche angestellt, da man in der Schrägstellung, nach Abb. 1, eine besondere Schwierigkeit vermutete. Diese Befürchtung hat sich nicht bestätigt, so daß man zu üblichen Zerstäuberkonstruktionen zurückkehren konnte. Das Anlaßventil und das Sicherheitsventil, Abb. 12, sitzen an einem gemeinsamen seitlichen Zylinderstutzen. Das Anlaßventil wird pneumatisch gesteuert.

Die Umsteuerung, Abb. 13, benutzt die Verdrehung der Steuerwelle, so daß mit denselben Nocken der Anlaß- und Einspritzvorgang für jede Drehrichtung im richtigen Kurbelzeitpunkt erfolgt. Die Verdrehung wird durch Längsverschieben der in der Grundplatte gelagerten Zwischenwelle *a* hervorgerufen; dabei verschiebt sich das auf dieser Welle sitzende Schrägzahn-Stirnrad *c* in der Verzahnung des hinreichend lang ausgeführten treibenden Rades und verdreht sich entsprechend.

Die Snow Holly Works hatten im vergangenen Sommer eine einzylindrige Maschine dieser Bauart auf dem Versuchstand, auf dem die Maschine einem ununterbrochenen dreißigtägigen Probelauf unterworfen wurde. Der Arbeitszylinder hatte 685 mm Dmr. Der Kolben arbeitete mit 1016 mm Hub. Als ich die Maschine vor Beginn dieses Probelaufs am 21. August arbeiten sah, leistete sie bei 90 Uml./min an der Bremse rd. 620 PS, was unter Berücksichtigung des Kolbenstangendurchmessers von 222 mm einem mittleren wirksamen Kolbendruck von 4,41 at entspricht. Die Maschine erzeugte hierbei die Spül- und Einspritzluft selbst. Die Herausnahme des Arbeitskolbens erforderte einen Zeitaufwand von rd. 3 Stunden. Die Maschine lief, so oft ich sie sah, einwandfrei und lieferte gute Diagramme. Der Brennstoffverbrauch wurde — als unwesentlich — nicht gemessen. Der Auspuff war rauchfrei. Während des dreißigtägigen ununterbrochenen Probelaufs, der unter Aufsicht des „Shipping Board" vom 25. September bis zum 25. Oktober 1924 durchgeführt wurde, lief die Maschine durchschnittlich mit 89,9 Uml./min. Sie entwickelte nach dem amtlichen Versuchsbericht im oberen Arbeitsraum bei einem mittleren indizierten Druck von 5,7 at 427 PS_i, im unteren bei einem mittleren indizierten Druck von 5,4 at 363 PS_i, in Summe also 790 PS_i. Dieser indizierten Leistung steht eine Bremsleistung von 624 PS_e gegenüber, entsprechend einem mechanischen Wirkungsgrad von 0,79. Der Brennstoffverbrauch wurde in vier zweistündigen Versuchen während des Probelaufs zu 191,4 g/PS_eh bestimmt. Der Schmierölverbrauch für den Zylinder und die Kolbenstangenstopfbüchse belief sich etwa auf 1 g/PS_eh. [B 436] (Schluß folgt.)

Beeinflussung der Verbrennung beim Strahlzerstäubungsverfahren[1]).

Unter den Verfahren der Treiböleinspritzung bei kompressorlosen Dieselmaschinen gewinnt das Verfahren der Strahlzerstäubung immer mehr an Bedeutung. Durch richtige Wahl des Einspritzdrucks, durch Verwendung geeigneter Düsen und durch halbkugelförmigen Brennraum ist es gelungen, hierbei eine beinahe ebenso hochwertige Verbrennung wie bei der bisher allein herrschenden Lufteinspritzung zu erzielen.

Das Verfahren der Strahlzerstäubung war aber bisher an eine mehr oder minder ausgeprägte Verpuffung des Brennstoffs gebunden, die das Triebwerk stark beansprucht. Neuere Versuche der Fried. Krupp A.-G., Essen, haben gezeigt, daß man, entgegen der bisherigen Meinung hochwertige Verbrennung auch bei Gleichdruck erreicht. Statt des halbkugelförmigen wird ein flacher Brennraum benutzt; die Ölstrahlen treffen auf den Kolbenboden unmittelbar auf. Maßgebend für den Erfolg sind Kolbenbodenform, Lochzahl der Düsen sowie Stärke, Richtung und Geschwindigkeit der Strahlen.

Von weiterem Einfluß ist die Stärke der durch einen Schirm am Einlaßventil erzeugten Drehbewegung der Zylinderluft, worauf frühere Veröffentlichungen schon hinweisen. Die Unsicherheit auf diesem Gebiet wurde durch genaue Messungen beseitigt. [N 478]

[1]) Vorgetragen in der Fachsitzung „Dieselmaschinen" der 64. Hauptversammlung des V. d. I.; ausführliche Veröffentlichung folgt.

Die Diesellokomotive vom Standpunkt des Lokomotivbaues.

Vortrag in der Fachsitzung „Dieselmaschinen" der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Augsburg 1925.

Von Dr.-Ing. M. Mayer, Direktor der Maschinenfabrik Eßlingen.

Die bisherigen Versuche zur Schaffung von Diesel-Lokomotiven — Neuere Entwürfe der Maschinenfabrik Eßlingen — Anpassung der Bauart und Anordnung des Dieselmotors an die Eigenarten des Lokomotiventriebes.

Die ersten Dampflokomotiven zu Anfang des 19. Jahrhunderts wurden durch Aufsetzen vorhandener ortfester Dampfmaschinen und Dampfkessel in gedrängter Form auf ein Fahrgestell gebaut. Der Treibradantrieb, aus mehreren Zwischenelementen, wie Hebeln, Stangen, Kurbeln und Zahnrädern bestehend, war ohne Umformung der Grundelemente: des Kessels und der Antriebmaschine, mit dem Fahrgestell zu keinem einheitlichen Gebilde zusammenzubringen, Abb. 1.

Diese Umformung von Kessel und Maschine vollbrachte sechzehn Jahre später Robert Stephenson an der „Rocket", Abb. 2, mit dem Röhrenkessel und dem unmittelbaren Radantrieb durch Kreuzkopf und Treibstange, und als kurz darauf durch die wagerechte Zylinderlage Richtungsgleichheit der Kolbendrücke mit den Nutz-Zugkräften geschaffen war, war die jetzt noch übliche Grundform, Abb. 3, der Dampflokomotive fertig.

Die bauliche Durchbildung der Diesellokomotive, Abb. 4 bis 6, steht jetzt an demselben Punkt, auf dem Hedley 1813 mit der Puffing Billy gestanden hat. Wir haben heute an sich hochentwickelte Dieselmotoren zur Verfügung und sollen daraus Lokomotiven herstellen.

Die Aufgabenstellung zur Verwirklichung von brauchbaren Diesellokomotiven würde also unter dem überwiegenden Einfluß der Erbauer von Dieselmotoren stehen, dem sich alle lokomotivmäßigen Verhältnisse unterzuordnen hätten.

Wenn die Aufgabenstellung vom Lokomotivbau ausgeht, wird sie lauten:

Diesellokomotiven zu bauen, die den normalen Dampflokomotiven in Leistung, Gewicht, Achszahl und Achsanordnung mindestens entsprechen, und bei denen die Bauart des Dieselmotors diesen Anforderungen unterzuordnen ist. Dieser Gegensatz kann nur beseitigt werden durch gemeinsame Durchdringung der beiden Arbeitsgebiete, die sich bisher so fern gestanden haben; denn mit der gegenseitigen Hochachtung vor unseren bisherigen Leistungen und der damit verbundenen Zurückhaltung in der Einmischung in andere Arbeitsgebiete entsteht niemals eine einheitliche Diesellokomotive.

Da nun einmal an den Betriebsbedingungen und am Laufwerk einer Lokomotive im Grunde kaum viel mehr zu ändern sein wird, so wird die gemeinsame Arbeit der Dieselmotor-Fachleute und der Lokomotivbauer darin bestehen müssen, die Umbildung des Dieselmotors von der ortfesten Maschine oder der Schiffsform zu einer Form zu vollziehen, die sich mit der überlieferten Laufwerkform der Lokomotive zu einer Einheit verbindet, die den Eigentümlichkeiten des Lokomotivbetriebes Rechnung trägt.

Den Weg zum unmittelbaren, lokomotivmäßigen Antrieb versperren zurzeit noch nicht überwundene Hindernisse, die durch die Eigenart des Dieselmotors bedingt sind. Der unmittelbare Antrieb wird so lange unmöglich bleiben wie die Verschiedenheit der Betriebskurven des Dieselmotors und der für einen Lokomotivbetrieb notwendigen Kurven nach Abb. 7 bestehen bleibt.

Diese Verschiedenheit erfordert für alle Betriebzustände, die mit dem Schnittpunkt der entsprechenden Kurven von Dieselmotor und Lokomotivmaschine nicht zu-

Abb. 1 bis 3. Dampflokomotiven.

Abb. 1. „Puffing Billy" 1813.

Abb. 4. Unmittelbare Übertragung; Sulzer 1912.

Abb. 2. Stephensons „Rocket" 1829.

Abb. 5. Unmittelbare Übertragung; Maschinenfabrik Eßlingen 1919.

Abb. 3. „Planet" 1830.

Abb. 6. Zahnradübertragung; Eßlingen 1924.

Abb. 4 bis 6. Diesellokomotiven.

Abb. 7. Betriebskurven einer Lokomotivmaschine und des Dieselmotors.

sammenfallen, eine Energieumformung, die unter allen Umständen ein lästiges Glied im Diesellokomotivbau bleiben wird, weniger wegen des Arbeitsverlustes, vielmehr wegen der im Lokomotivbau unangebrachten Vielteiligkeit des damit verbundenen Getriebes.

Der Lokomotivbau behauptet wohl mit Recht, daß der Dieselmotor an sich eine sehr verwickelte Maschine ist, die, für sich betrachtet, in geschlossener Einheit gebaut und gut durchgebildet, vollkommen betriebsicher für den Eisenbahnbetrieb zu sein scheint; wir wissen auch zu gut, daß jede Erhöhung des Wirkungsgrades mit beträchtlichen Opfern zugunsten unserer bewährten Einfachheit verbunden ist. Man beachte nur die Vielteiligkeit einer Dampfturbinenlokomotive, deren thermischer Wirkungsgrad um 5 bis 9 vH nur durch einen ungewöhnlichen Bauaufwand gegenüber der heutigen Kolbenlokomotive erhöht werden kann. Wie schon aus dem Verlauf des Wärmediagramms einer Hochdruck-Turbinenlokomotive mit Kondensation, Abb. 8, gefolgert werden kann, erfordert die Erzeugung und Verarbeitung des Wärmegefälles baulich verwickelte Einzelteile, für die größtenteils noch keine den Lokomotivbau befriedigende, raumsparende Bauform gefunden worden, obwohl nur eine Energieform, der Dampf, vorhanden ist.

Da man bei der Diesellokomotive vorerst mit zwei Energieformen, dem Gasdruck im Dieselmotor und der elektrischen oder hydraulischen usw. Energie der Übertragung zu rechnen haben wird, so kann man sich mit dem vielteiligen, aber eine geschlossene Einheit bildenden Dieselmotor abfinden, wenn sich die Gesamtanlage aus Bauteilen zusammensetzt, die sich baulich in eine einfache Lokomotivform bringen lassen und deren Arbeitsvorgang zu einem im Lokomotivbetriebe günstigen Wirkungsgrade führt. Als Beispiel diene der Entwurf der Maschinenfabrik Eßlingen für die zurzeit im Bau befindlichen Diesel-Druckluftlokomotive nach Abb. 9 bis 11, von der ein thermischer Wirkungsgrad von 20 bis 25 vH erwartet werden kann. Die Einfachheit der Wärmeumsetzung ist schon aus dem untersten Diagramm, Abb. 8, ersichtlich.

Im übrigen ist das Ringen um den thermischen Wirkungsgrad im Lokomotivbau unangebracht, hier tritt der Betriebwirkungsgrad in den Vordergrund, für dessen Bestimmung in allererster Linie größte Einfachheit maßgebend ist; denn aus ihr ergeben sich beste Ausnutzungszahl, geringe Anschaffungskosten, geringe Betrieb- und

Abb. 8. Wärmeflußdiagramme von Lokomotiven.

Abb. 9 bis 11. Diesel-Druckluftlokomotive, Entwurf der Maschinenfabrik Eßlingen.

Wiederherstellkosten usw. Wenn wir also der Diesellokomotive in erster Linie einen einheitlichen, geschlossenen Aufbau geben wollen, so haben wir ein besonderes Augenmerk darauf zu richten, daß unsere Bestrebungen nicht durch ein vielleicht hochwirtschaftliches, aber besonders für den Lokomotivbetrieb nicht recht geeignetes Übertragungsmittel wieder zunichte gemacht werden; wir haben die Durchbildung dieses lästigen Teiles in unser gemeinsames Bestreben nach Einheitlichkeit der Diesellokomotive einzubeziehen, ja wir müßten eigentlich damit beginnen, weil bis jetzt noch kein befriedigendes Ergebnis für Großlokomotiven auf diesem Gebiet erzielt worden ist. Die wenigen Großlokomotiven, die bisher gebaut wurden, haben elektrische Übertragung; sie sind aus drei verschiedenen vorhandenen Grundformen von Maschinen: dem Dieselmotor, der elektrischen Kraftübertragung und dem Laufgestell zusammengestellt und gleichen deshalb mehr fahrbaren Kraftwerken als Lokomotiven. Sie reden mit zwingender Deutlichkeit von der Notwendigkeit, die beteiligten Sondergebiete zusammenzufassen und sie einem Zweck unterzuordnen.

Daß die dadurch bedingte Umbildung nicht in einem Zug erreicht werden kann, ist verständlich, aber die letzten Jahre haben uns manches Neue gebracht, so daß man hoffen kann, daß der unmittelbare Antrieb für die Zukunft nicht unmöglich bleiben wird.

Im Jahre 1919 hielt ich meinen Entwurf nach Abb. 12 bis 15 mit unmittelbarem Antrieb noch für unausführbar, heute nach dem Erfolg der MAN mit dem doppeltwirkenden langsamlaufenden Zweitaktmotor wird er nicht mehr ohne weiteres in den Bereich der Unmöglichkeit verwiesen werden dürfen. Die Haupteinwände werden sich wohl heute gegen die wagerechte Zylinderlage richten, und diese ist hier mit Rücksicht auf gleichförmiges Drehmoment mit den günstigen Kurbelversetzungen gerade das, was der Lokomotivbau erstrebt, nicht, weil er am Überlieferten hängt, sondern weil dem Lokomotivbau voll bewußt ist, daß diese Triebwerkanordnung die günstigste Lokomotivform ergibt.

Der übrige Teil dieses Lokomotiventwurfs darf ebenfalls wie der Motor nur als Augenblickseingebung bewertet werden. Er setzt sich zusammen aus zwei Dampfzylindern, die bis zum Arbeitsbeginn der Dieselzylinder unter Dampf arbeiten und während der Betriebzeit der letzteren als Spülpumpen zu dienen haben.

Den Anfahrdampf liefert ein öl- und abgasgeheizter Kessel, der insbesondere das Kraftübertragungsmittel für andere Betriebzustände als den durch den Dieselmotor bedingten verwickelt macht. Dieser Entwurf wäre also etwa das Äußerste im Lokomotivbau, hervorgegangen aus der Aufgabenstellung heraus, für eine gegebene Lokomotivgattung einen Dieselmotorantrieb auszubilden.

Nach der anderen Richtung hin entfernt man sich ebenso weit vom Gewöhnlichen, wenn man beispielsweise mit einem Dieselmotor von 1500 PS Dauerleistung der bekannten Bauform mit der üblichen Drehzahl von 400 Uml./min eine Lokomotive herzustellen versucht. Man erwartet eine Vollbahnlokomotive mittlerer Größe und kommt zu einer Lokomotive nach Abb. 16 und 17. Ein reines Motorgewicht von 38,5 t und eine Motorlänge von rund 8,1 m führen zu Lokomotivlängen und -gewichten, die in keinem Verhältnis mehr zu der Lokomotivleistung stehen. Berücksichtigt man ferner noch, daß mit der Steigerung der Motorleistung bei gleichbleibender Umlaufzahl der Primärteil der Kraftübertragung ebenfalls in Abmessung und Gewicht beträchtlich steigt (letzteres würde für 1500 PS Leistung etwa 17 bis 18 t betragen), so erkennt man leicht, daß auf diesem Wege die Entwicklung der Lokomotivleistung nicht zu Lokomotivarten führt, die den gewöhnlichen Vollbahn-Dampflokomotiven entsprechen.

Die von der Maschinenfabrik Eßlingen gebaute russische 1 E 1 - Diesellokomotive[1]), Abb. 18, mit einer Dauerleistung von 1000 PS in sechs Zylindern ist ihrer spez. Leistung nach schon zu schwer und zu groß, sie weist ein reines Motorgewicht von 33 t und ein Gewicht von 13,6 t für den Stromerzeugerteil der elektrischen Übertragung auf, also insgesamt 46,6 t für die Energieerzeugungsanlage, währen das Dienstgewicht des Kessels einer gleichstarken Dampflokomotiven etwa 33 t betragen würde.

Bei Dampflokomotiven ist die Leistung nach oben begrenzt durch die Anstrengung des Heizpersonals, die eine bestimmte Rostgröße nicht zu überschreiten gestattet, abgesehen von der unwirtschaftlichen selbsttätigen Feuerung, die namentlich in Amerika zu einer außerordentlichen Leistungssteigerung geführt hat. Elektrische Lokomotiven sind dieser Beschränkung nicht unterworfen, und für Diesellokomotiven wird eine solche vom Gesichtspunkt der Personalanstrengung ebenfalls in Wegfall kommen.

Weiterhin wird für die Bemessung der oberen Leistungsgrenze für einige Zeit die genormte Zughaken-

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 940, 1087

Abb. 12 bis 15. Lokomotive mit Diesel-Dampfmaschine, Entwurf.

form und eine aus Sicherheitsgründen nicht überschreitbare Fahrgeschwindigkeit bestimmend sein, so daß wir auch für die Diesellokomotive vorerst mit Grenzleistungen von 2000 bis 3000 PS sowohl für Güterzug- als auch für Schnellzuglokomotiven zu rechnen haben werden.

Zur Unterbringung dieser Leistung stehen für Güterzuglokomotiven die Achsfolgen 1 E, 1 E 1, 2 E 2, 1 F und 1 F 1, für Schnellzuglokomotiven die Achsfolgen 2 C 1, 2 C 2, 1 D 1 und 2 D 2 zur Verfügung mit der Maßgabe, daß der zulässige Achsdruck nicht überschritten wird. In großen Umrissen ist also für eine bestimmte Lokomotivgattung die Lokomotivlänge, das Lokomotivgewicht und die Leistung schon gegeben, und wir müssen dazu eine Motorbauart finden, die sich mit der Kraftübertragung diesen Verhältnissen anpaßt.

Es ist bereits gezeigt worden, daß eine einfache Verlängerung des vorhandenen Dieselmotors um die notwendige Zylinderzahl nicht zum Ziel führt. Man ist vielmehr genötigt, zu andern Motorformen zu greifen.

Man hat die Wahl zwischen dem langsamlaufenden doppeltwirkenden Zweitaktmotor möglichst mit unmittelbarem Antrieb etwa nach Abb. 12 bis 15 und einer Leistungsvermehrung durch wesentliche Erhöhung der Umlaufzahl bei Unterteilung in eine größere Anzahl von Zylindern.

Selbstverständlich wird man den Dieselmotor, der mindestens 24 Zylinder haben wird, nicht der Länge nach entwickeln, sondern wird versuchen, das Querprofil der Lokomotive möglichst auszunutzen.

Zunächst wird man auf die V-Bauart verfallen, deren Anwendung nicht befriedigt, weil die Zugänglichkeit zu dem Motor gestört und die Querschnittausfüllung der Lokomotive nicht gerade günstig ist.

Die aus rein baulichen Gründen herbeigeführte Aufteilung des Lokomotivbildes in Wagrechte und Senkrechte unter möglichster Vermeidung schräger Überschneidungen hat bei der Dampflokomotive zu ästhetisch guten Formen geführt; dieselben Maßnahmen werden bei der Diesellokomotive ebenfalls gute Anordnungen und Formen erreichen lassen. Setzt man an die Stelle der Reihenbildung durch V-Bauart die Reihenbildung durch zwei senkrechte Motoren mit gesonderten Wellen, so ergibt sich eine weitere Bauart nach Abb. 19 bis 21 für elektrische Kraftübertragung. Man sieht aus den Abbildungen, daß mit diesem Motor die Unterbringung einer Dauerleistung von 1800 PS und einer vorübergehenden Höchstleistung von 2400 PS in einer gewöhnlichen Achsfolge 2 D 2 mit einer Lokomotivlänge von nur 15 m möglich geworden ist. Bei den deutschen Achsdrücken kann sogar noch die Achsfolge 2 C 2 für Personenzüge verwirklicht werden. Dies alles trotz der verhältnismäßig hohen Gewichte der elektrischen Übertragung.

Diese Motoraufteilung hat neben der vorzüglichen Zugänglichkeit, der geringen Raumbeanspruchung und des geringen Gewichtes noch den nicht zu unterschätzenden Vorteil der Unterteilung der ganzen Krafterzeugungsanlage in zwei getrennte Gruppen, die einesteils die Parallel- und Reihenschaltung, andernteils das vollkommene Abschalten einer Gruppe ermöglichen. Auch der sekundäre Teil des Getriebes unsres Entwurfes hat eine günstigere Veränderung dadurch erfahren, daß der Einzelachsantrieb zugunsten eines im Rahmen fest angeordneten Doppelmotors verlassen wurde, ohne daß eine Lekomotivverlängerung dadurch notwendig geworden ist.

Abb. 16 und 17. Lokomotiven mit Dieselmotoren von 1500 bis 1800 PS bei 9 Zyl. und von 2240 bis 3200 PS bei 32 Zylindern.

Die in erster Linie wegen ihrer Gewichte so verpönte elektrische Kraftübertragung bei Diesellokomotiven gewinnt zurzeit durch den rasch umlaufenden Motor und die Gruppenunterteilung wieder an Aussicht. Für jedes andere Übertragungsmittel wird diese aus der Zusammenarbeit von Lokomotiv- und Dieselmotorbau hervorgegangene Motoranordnung ebenfalls nur günstig wirken. Der weiteren Unterteilung in vier Gruppen für noch größere Lokomotivleistungen steht nichts mehr im Wege, zu ihrer Durchführung ist nur eine geschickte Unterbringung der Teile nötig, Abb. 17.

In diesem Zusammenhang sollen noch einige rein bauliche Maßnahmen gestreift werden, mit denen die Anpassung des Dieselmotors an das Fahrgestell begonnen hat.

Die erste Groß-Diesellokomotive der Russischen Staatsbahn wurde mit einem fertigen Motor gebaut. Der Einzelachsantrieb machte die Anwendung von Außenrahmen wünschenswert, und der Zusammenbau von Dieselmotor und Lokomotivrahmen konnte schlechterdings kaum anders erfolgen als nach Abb. 22. Diese Zusammenstückelung widerspricht den bewährten Lokomotivbauformen mit Lagerung der Treibzylinder am Lokomotivrahmen unter Ableitung aller Reaktionskräfte unmittelbar in den Rahmen.

Die zurzeit im Bau befindliche Diesellokomotive der Maschinenfabrik Eßlingen mit Druckluftübertragung und derselben Motorbauart weist eine günstigere Motorlagerung auf, Abb. 23. Hier ist das Motoruntergestell zur Rahmenquerversteifung herangezogen, ermöglicht durch Innenrahmen, der im Lokomotivbau unter allen Umständen der beste ist. Verfolgt man den Zusammenhang von Motor mit Lokomotivrahmen noch weiter, so wird die Frage auftreten, ob ein besonderes Motorgestell nicht überhaupt entbehrt, d. h. die Dieselzylinder und die Kurbelwelle unmittelbar im Hauptrahmen der Lokomotive gelagert werden können.

Die in Nordamerika übliche Stahlgußbauart hat in letzter Zeit für eine 1 D 1 - Elektrolokomotive der Pennsylvania-Bahn einen aus drei Stücken zusammengesetzten Lokomotivrahmen gezeitigt, in dem die Motorständer und alle Lager eingegossen sind.

Die Anwendung dieses Verfahrens auf Diesellokomotiven würde ungefähr eine Motorform nach Abb. 24 und 25 ergeben, die sich wenigstens für kleinere Lokomotiven und Reihenherstellung wohl auch in Deutschland eignen wird.

seitl. Verschiebung ± 90mm · seitl. Verschiebung ± 32mm · seitl. Verschiebung ± 10mm · seitl. Verschiebung ± 32mm · seitl. Verschiebung ± 90mm
595 · 1116 · 2340 · 1430 · 1430 · 1430 · 1430 · 2340 · 1116 · 595
5720 · 10400 · 13822

Abb. 18. Russische Diesellokomotive mit 1000 PS-Motor.

Abb. 19 bis 21. Diesellokomotive mit zwei senkrechten Motoren und gesonderten Wellen.

Abb. 26 bis 28. Triebwagendrehgestell mit Dieselmotorantrieb.

Abb. 24 und 25. Verbindung von Stahlgußrahmen mit Motorgestell.

Abb. 22 und 23. Rahmenbefestigung.

Die bisher erörterten Berührungspunkte zwischen dem Lokomotivbau und dem Dieselmotorbau sind keineswegs auf Großlokomotiven beschränkt; sie treten auch dann in Erscheinung; wenn zur Herstellung von Kleinlokomotiven und Eisenbahnbetriebwagen mit Dieselmotoren übergegangen wird; in erhöhtem Maße sogar, denn hier scheint sich das im Kraftfahrzeugbau übliche Verfahren bemerkbar zu machen, mit handelsüblichen Vorratsmotoren entsprechende Fahrzeuge herzustellen. Sehr groß ist die Versuchung, die im Kraftwagenbau gebräuchlichen Getriebe auch auf Eisenbahnfahrzeuge zu übertragen. Die Bauart des Benzoltriebwagens unterscheidet sich bezüglich des Antriebs kaum vom Lastkraftwagen-Antrieb, und nur wenige Erbauer haben sich der Mühe unterzogen, einen besonderen Eisenbahnantrieb zu entwerfen.

Die Aussichten für den rasch laufenden Dieselmotor sind im Eisenbahnbetrieb in kurzer Zeit bedeutend gestiegen, und es ist deshalb an der Zeit, daß aus gemeinsamer Arbeit des Dieselmotorbaues und des Lokomotiv- bzw. Triebwagenbaues ein einheitlicher Wagenantrieb hervorgeht, bei dem mehr Rücksicht auf die Eigenheiten des Bahnbetriebs gelegt wird als auf die Verwendung von vorhandenen Einzelteilen aus dem Kraftwagenbau.

Die Maschinenfabrik Eßlingen hat auch hierin mit ihrem Entwurf für einen 150/200 PS-Drehgestellantrieb, Abb. 26 bis 28, einen eigenen Weg beschritten, bei dem grundsätzlich Motor, Antrieb und Drehgestell in einen festen Zusammenhang gebracht wurden und bei dem nur einfache Maschinenelemente, Stirnräder und Kuppelstangen zur Anwendung gelangen; damit sind für Triebwagen die üblichen Kegelräder und das Kardangetriebe vermieden.

Der Fortschritt besteht darin, daß man das Hergebrachte über den Haufen wirft und die überlieferten Anschauungen mißachtet, seine gesunde Seite ist das Zusammenschmelzen von Einzelerfahrungen zu einem Gedanken, der um so lebensfähiger wird, je breiter die Grundlage der Wahrheiten ist, auf denen er aufgebaut ist. Baut man diese Grundlage für die Diesellokomotive recht kräftig weiter aus, so wird sie sich in derselben Weise entwickeln wie die Dampflokomotive. [B 390]

Schnellaufende Fahrzeug-Dieselmotoren[1]).

Das Gebiet des schnellaufenden ortbeweglichen Leichtmotors wurde bisher fast ausschließlich von den nach dem Verpuffungsverfahren arbeitenden Vergasermotoren beherrscht. Dieses Verfahren ist an die Verwendung leichtflüchtiger Brennstoffe wie Benzin, Benzol usw. sowie deren Mischungen gebunden. Das Bestreben, an deren Stelle die billigeren und weniger feuergefährlichen sogenannten Schweröle (Gasöl, Braunkohlenteeröl usw.) unter Beibehaltung des Verpuffungsverfahrens zu verwenden, hat zu keinem befriedigenden Erfolg geführt, da ihre Eigenschaften der wirtschaftlichen Verarbeitung nach diesem Verfahren entgegenstehen. Diese Eigenschaften weisen vielmehr auf das Dieselverfahren hin, dessen Übertragung auf den schnellaufenden Leichtmotor in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht hat.

Unter Beschränkung auf die in Deutschland näher bekannt gewordenen Bauarten ist zunächst der von den Maybach-Motorenwerken, Friedrichshafen, im vorigen Jahr auf der Eisenbahnausstellung in Seddin gezeigte Triebwagenmotor zu nennen. Dieser Sechszylindermotor, der mit Lufteinspritzung arbeitet und mit besonderer Einblaseluftpumpe ausgerüstet ist, hat eine Regelleistung von 110 bis 120 PS_e, die bei einer Umlaufzahl von 1300 in der Minute auf 150 PS_e gesteigert werden kann. Das Gewicht des Motors beträgt 1200 kg.

Wenn es nach den heutigen Erfahrungen des Dieselmotorenbaues auch gelingt, die Luftpumpe betriebsicher und zuverlässig auszubilden, so ist doch nicht zu verkennen, daß sie gerade für den Leichtmotor sehr unerwünscht ist. Dieser Schwierigkeit gegenüber zeigten nun die in den letzten Jahren ausgebildeten Verfahren der luftlosen Einspritzung für Dieselmotoren einen neuen Weg, und man hat mit Erfolg versucht, sie auch auf den schnelllaufenden Motor zu übertragen.

Bei dem Vorkammerverfahren erfolgt die Zerstäubung des Brennstoffes durch eine Teilverbrennung, die in einer dem eigentlichen Verbrennungsraum vorgelagerten Zündkammer stattfindet. Nach diesem Verfahren arbeiten die von den Motorenwerken Mannheim, A.-G., vorm. Benz, gebauten schnellaufenden Motoren, die eine Umlaufzahl bis 800 in der Minute aufweisen und die insbesondere für Bootsantrieb sowie für den Antrieb von Treckern Verwendung finden. Auf dem gleichen Verfahren beruht auch der von der Rhein. Automobil- und Motorenfabrik Benz & Co., Mannheim, gebaute Lastwagenmotor, der auch im Fahrbetrieb bereits erprobt wurde. Vorkammermaschinen dieser Größe können auch mit der Hand angelassen werden, wobei zur Einleitung der ersten Zündungen die Temperatur in der Vorkammer durch eine Zündpatrone oder durch elektrische Heizung erhöht wird.

Bei der reinen Druckeinspritzung ist die Zerstäubung des Brennstoffes eine Folge der hohen Geschwindigkeit, mit der der Brennstoff in den Zylinder eingespritzt wird. Die Verteilung des Brennstoffes auf die Arbeitsluft, die durch entsprechende Gestaltung des Verbrennungsraumes gesichert ist, kann noch durch eine Wirbelbewegung, die man der Arbeitsluft erteilt, unterstützt werden. Dieses Verfahren wird bei dem von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg entwickelten Dieselmotor leichter Bauart verwendet. Dieser Motor, der als Vierzylinder-Blockmotor ausgeführt ist, lehnt sich in seinem Aufbau ganz an den neuzeitlichen Vergasermotor an. An Stelle des Zündmagneten tritt die Brennstoffpumpe und an Stelle der Zündkerzen die Einspritzdüsen, die wie diese leicht auswechselbar sind. Jeder Zylinder hat zwei seitlich angeordnete Düsen, so daß der Deckel für große Ein- und Auslaßventile frei bleibt. Der Motor leistet etwa 40 bis 50 PS_e bei 900 bis 1100 Uml./min. Das Gewicht ist nur wenig höher als das des gleich starken Vergasermotors und beträgt rd. 10 kg/PS_e. Der Brennstoffverbrauch bei Gasölbetrieb beträgt rd. 190 bis 200 g/PS_eh bei Regellast und nimmt bei abnehmendem Drehmoment erheblich langsamer zu als bei Vergasermotoren. Die Regelfähigkeit hat sich als sehr gut und allen Anforderungen des Fahrzeugbetriebes genügend erwiesen. Der Motor wird aus kaltem Zustand mit der Hand oder durch einen elektrischen Anlasser ohne besondere Hilfsmittel angelassen.

Motoren dieser Bauart haben sich im Dauerbetrieb in Lastwagen und Motorpflügen als zuverlässig erwiesen. Außerdem werden sie auch für den Antrieb von Eisenbahntriebwagen und Motorbooten verwendet.

An der Hand der Ergebnisse des MAN-Motors soll noch eine vergleichende Betrachtung zeigen, wie der Dieselmotor in seinen Eigenschaften gegenüber dem Vergasermotor zu bewerten ist. Der für die Zylinderabmessungen maßgebende mittlere wirksame Druck beträgt bei dem genannten Motor etwa 6 at, und als Höchstwert wurden 6,8 at erreicht. Wenn neuzeitliche Vergasermotoren etwas höhere Werte ergeben, so ist darauf hinzuweisen, daß bei ortfesten kompressorlosen Dieselmotoren mit Strahlzerstäubung ebenfalls über 7 at bei gutem Auspuff erreicht werden. Man darf daher erwarten, daß bei weiterer Entwicklung auch der schnellaufende Dieselmotor diese Werte erreichen wird und damit hinter dem Vergasermotor nicht zurücksteht.

Die beim Dieselmotor auftretenden höheren Verbrennungsdrücke machen eine entsprechend stärkere Bemessung der betreffenden Bauteile notwendig und bedingen eine Gewichtsvermehrung des Motors, die, wie eine nähere Untersuchung zeigt, gegenüber dem Vergasermotor auf etwa 10 vH zu werten ist.

Die erreichbare Drehzahl scheint beim Dieselmotor nach den bisherigen Erfahrungen aus Gründen der Verbrennung nicht in höherem Maße beschränkt zu sein als beim Vergasermotor. Umlaufzahlen bis 2400 in der Minute und im Leerlauf bis 4000 sind bei Kleinmotoren schon festgestellt worden.

In bezug auf Brennstoffverbrauch ist der Dieselmotor dem Vergasermotor zweifellos überlegen, da sowohl der spezifische Verbrauch niedriger ist, als auch insbesondere der Verbrauch bei kleiner Belastung weniger rasch zunimmt. Ebenso ist auch der Schmierölverbrauch beim Dieselmotor geringer. Vor allem ist das gefürchtete Niederschlagen des Brennstoffes an den Zylinderwandungen und damit das Verdünnen des Schmieröls im Kurbelgehäuse nicht zu befürchten. [N 412]

[1]) Vortrag von Dr. W. Riehm in der Fachsitzung „Dieselmaschinen" der 64. Hauptversammlung des V. d. I. in Augsburg. Ausführlicher Abdruck folgt später.

Dieselmotor und Kraftübertragung für Großöllokomotiven.

Von Dr.-Ing. Josef Geiger, Augsburg.

Vorteile der Diesellokomotive. Besondere vom Lokomotivbauer an den Dieselmotor zu stellende Forderungen und für ihn wichtige Eigenschaften des Dieselmotors. Die verschiedenen Kraftübertragungssysteme: Unmittelbare Übertragung, Abänderungen des Dieselverfahrens, Zahnräder, Flüssigkeitsgetriebe, elektrische Übertragung, Dampf und Luft.

Abb. 6. Sechszylinder-Viertakt-Dieselmaschine der MAN für die neue russische Diesellokomotive mit Zahnradübertragung; 1200 PS_e Höchstleistung bei 450 Uml./min.

Die Vorteile der Diesellokomotive.

Wenn man bedenkt, daß eine neuzeitliche Auspuffdampflokomotive mit ihren wärmesparenden Einrichtigungen nur einen Wirkungsgrad von etwa 7 vH hat, während ein mit dem gleichen Brennstoff — ich habe hier russische Verhältnisse mit Naphthafeuerung im Auge — beschickter Dieselmotor einen solchen von 35 vH erreicht, so drängt sich, lediglich vom Standpunkt des Wirkungsgrades aus betrachtet, ganz von selbst das Verlangen auf, eine Diesellokomotive zu schaffen. Ich will die andern Vorzüge, die man von einer Diesellokomotive erwarten kann, im folgenden nur ganz kurz streifen: Es sind dies die ständige sofortige Betriebsbereitschaft, Wegfall des Tenders, bequeme Unterbringung des Betriebstoffes auf der Lokomotive selbst auch für sehr lange Strecken, keine Verluste durch Anheizen und Abbrand, kein Brennstoffverbrauch während des Stillstandes, Wegfall der Kohlenzüge von den Kohlenrevieren zu den Hauptverkehrspunkten, keine Dienstunterbrechung durch Wasser- und Kohlenfassen, durch Abschlacken, keine Kesselausbesserungen, keine Belästigung der Reisenden durch Rauch und Ruß, keine Waldbrände durch Funkenflug, angenehmerer, körperlich viel weniger anstrengender Dienst, bessere Übersicht über die Strecke, Fahrmöglichkeit in wasserlosen Steppen usw. Allerdings ist sogleich zu betonen, daß diese Vorzüge nur dann in Erscheinung treten, wenn die Seele des Ganzen, der Dieselmotor, wirklich einwandfrei arbeitet.

Die Anforderungen, die mit Recht an einen für Lokomotivzwecke brauchbaren Dieselmotor gestellt werden, sind, abgesehen von der Rauch- und Geruchfreiheit, keineswegs gering.

Damit zu hohe Achsdrücke vermieden werden, sollte das Gewicht des Dieselmotors möglichst bei etwa 10 bis 20 kg/PS_e liegen, muß also wesentlich geringer sein als das der ortfesten und der Schiffsdieselmotoren. Desgleichen dürfen die Raumabmessungen schon mit Rücksicht auf das Eisenbahnprofil eine bestimmte Grenze nicht überschreiten. Nach dem derzeitigen Stand der Technik erscheint dies nur unter Verwendung von besonders dünnwandigem Stahlguß bei weitestgehender Baustoffersparnis möglich. Der Dieselmotor muß also ein ausgesprochener Schnelläufer sein, darf aber dadurch in seiner Betriebsicherheit einem langsamlaufenden ortfesten Motor in keiner Weise nachstehen. Im Gegensatz zum Flugzeugmotor soll der Lokomotivdieselmotor den Anforderungen eines nur durch kurze Pausen unterbrochenen jahrelangen Dauerbetriebes gewachsen sein. Zu fordern ist vollkommener Massenausgleich, da sonst erfahrungsgemäß ein ordentlicher Betrieb zur Unmöglichkeit wird.

Dazu kommen als weitere Punkte möglichste Einfachheit im Aufbau, Verwendung von Heißkühlung, Anfahrmöglichkeit auch im Freien bei Temperaturen weit unter 0°, also Forderungen, die keineswegs leicht zu erfüllen sind. Obwohl in weitgehendem Maße die erste russische Diesellokomotive[1]) diese Anforderungen erfüllt hat, sehe ich mich veranlaßt, auf die Wichtigkeit, diesen Anforderungen gerecht zu werden, besonders hinzuweisen. Denn der Erfolg, den man mit einer Diesellokomotive erzielen wird, hängt immer in allererster Linie von der Eignung des hierbei verwendeten Dieselmotors ab, der neben der Kraftübertragung und dem Kühler immer den weitaus wichtigsten und schwierigsten Teil einer Diesellokomotive bildet.

Ich möchte nunmehr auf jene Eigenschaften des Dieselmotors übergehen, die ihn hinsichtlich seiner Verwendung für Lokomotivzwecke von der Kolbendampfmaschine und von dem für Kraftwagen verwendeten Verpuffungsmotor unterscheiden. Die vorzügliche Eigenschaft der Kolbendampfmaschine, sich, wenn auch auf Kosten des Wirkungsgrades, sehr stark überlasten zu lassen, hat der Dieselmotor nicht. Man kann die Regelleistung nur um höchstens 25 vH steigern, und auch diese Steigerung sollte nur vorübergehend stattfinden, wenn man Betriebstörungen durch Verschmutzung vermeiden will. Das hängt namentlich damit zusammen, daß beim gewöhnlichen Dieselmotor die Leistung nur durch eine größere Menge eingespritzten Brennstoffes vergrößert werden kann, daß aber die Brennstoffmenge über einen gewissen Betrag nicht hinausgehen darf, da sonst die einzelnen Brennstoffteilchen nicht mehr genügend Sauerstoff zur Verbrennung vorfinden. Spritzt man mehr Brennstoff ein, so ist die Folge keine Erhöhung des mittleren Druckes, sondern ein rußender Motor.

Im Gegensatz zum Verpuffungsmotor, wie er beim Kraftwagen benutzt wird, hat aber der Dieselmotor den

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 937, 1087; Bd. 69 (1925) S. 321.

außerordentlichen Vorteil, daß er sich von der 20 bis 25 vH über der Regelleistung liegenden Überlast bis herab zu Leerlauf außerordentlich leicht und beliebig fein einstellen läßt, und das nicht nur bei voller Umlaufzahl, sondern, wenn wir gute Lokomotivdieselmotoren ins Auge fassen, abgesehen von Drehzahlen unter etwa 120 in der Minute, bei jeder beliebigen Umlaufzahl.

Eine weitere für den Lokomotivfachmann wichtige Eigenschaft folgt aus der Forderung, daß der Dieselmotor mit unbedingter Sicherheit zünden muß. Bei ganz niedriger Umlaufzahl ist das bei gleichzeitig kalter Maschine nicht sicher erreichbar. Daraus folgt u. a., daß man einen gewöhnlichen Dieselmotor nicht unmittelbar mit Lokomotivtreibrädern kuppeln kann, weil hierbei in dem Moment, wo die Zündungen einsetzen sollen, die Drehzahl noch viel zu niedrig ist. Man wird vielleicht einwenden, daß erfahrungsgemäß Dieselmotoren, die, wie z. B. in manchen elektrischen Kraftwerken, mit sehr großen Schwungmassen gekuppelt sind, genügend sicher zünden. Es ist aber zu beachten:

1. daß diese Schwungmassen immer noch sehr klein sind gegenüber der Masse des Zuges samt Lokomotive,
2. daß der Dieselmotor in elektrischen Zentralen ganz ohne Last anfährt.

Aus beiden Gründen kommt er mit einigen Anlaßhüben auf genügende Umlaufzahlen, während der unmittelbar gekuppelte Lokomotivdieselmotor gerade beim Anlassen den größten Widerstand zu überwinden hat und trotz großen Verbrauches an Anlaßluft nur langsam auf genügende Umlaufzahlen kommt. Ferner wird durch die vielen Anlaßhübe der Zylinder nur um so stärker abgekühlt, also die für den Zündvorgang notwendige Verdichtungsendtemperatur erniedrigt. Endlich wird bei Elektrizitätswerken die Luft aus dem bereits etwas warmen Maschinenhaus angesaugt, während wir vom Lokomotivdieselmotor, der die Luft aus dem Freien ansaugt, verlangen müssen, daß er auch bei strenger Kälte und bei dichtem Nebel völlig sicher zündet. Ich erwähne den Nebel deshalb besonders, weil durch seinen Wassergehalt die Verdichtungsendtemperatur der Luft infolge der großen Verdampfungswärme des Wassers empfindlich herabgesetzt wird.

Eine weitere für den Lokomotivfachmann beachtenswerte Eigenschaft des Dieselmotors ist sein stark ungleichmäßiges Drehmoment. In Abb. 1 und 2 sind für eine Drillings- und eine Zwillingsdampflokomotive für eine Lokomotivgeschwindigkeit von 40 km/h und eine Drehzahl von 170 Uml./min und in Abb. 3 und 4 für einen Sechszylinder-Viertaktdieselmotor für 450 und für 150 Uml./min die Drehkraftdiagramme dargestellt. Man ersieht daraus, wieviel ungleichmäßiger der Verlauf des Drehmomentes beim Viertaktdieselmotor ist.

1 Umdrehung

Abb. 1. Drehkraftdiagramm einer Drillingslokomotive bei $n = 170$ Uml./min.

RZ 390 Z 1 u. 2

Abb. 2. Drehkraftdiagramm einer Zwillingslokomotive bei $n = 170$ Uml./min.

1 Umdrehung

Abb. 3. Drehkraftdiagramm eines Sechszylinder-Viertakt-Dieselmotors bei $n = 450$ Uml./min.

RZ 390 Z 3 u. 4

Abb. 4. Drehkraftdiagramm eines Sechszylinder-Viertakt-Dieselmotors bei $n = 150$ Uml./min.

Die zweckmäßigste Kraftübertragung.

Besonders wichtig ist im Öllokomotivbau die Frage nach der zweckmäßigsten Kraftübertragung vom Dieselmotor auf die Lokomotivtreibräder. Die verschiedenen Lösungsmöglichkeiten hierbei sind:

1. unmittelbare Kraftübertragung,
2. unmittelbare Kraftübertragung unter Abänderung des Dieselverfahrens,
3. Kraftübertragung mit Hilfe starrer Körper,
4. Übertragung mit Hilfe von Flüssigkeiten,
5. elektrische Kraftübertragung,
6. Kraftübertragung durch Dampf oder Gase.

Der Vollständigkeit halber wäre noch an die gemischten Verfahren zu erinnern, die aus einer Verbindung zweier bereits genannter Kraftübertragungsarten bestehen.

Es würde zu weit führen, wenn hier auf alle bisher bekannt gewordenen Vorschläge näher eingegangen würde. Es sollen daher nur solche Vorschläge erörtert werden, die entweder besonders bezeichnend oder bereits praktisch erprobt sind oder aber solche, die bisher nur wenig bekannt geworden sind und die sowohl besonders eigenartig als auch ziemlich aussichtsreich erscheinen.

Das Nächstliegende ist zweifellos die unmittelbare Übertragung auf die Treibräder, wobei die Treibstangen des Dieselmotors unmittelbar auf eine Lokomotivtreibachse oder wenigstens auf eine mit den Treibachsen gekuppelte Blindwelle arbeiten. In diesem Fall ist also das vom Dieselmotor entwickelte Drehmoment lediglich von seiner Brennstoffüllung abhängig, nicht dagegen von seiner Umlaufzahl. Bei gegebener Brennstoffüllung ist

15000 kg
13000
11000
9000
7000
5000
3000
1000
Zugkraft
40 vH
35 "
30 "
25 "
20 "
15 "
RZ 390 Z 5
0 10 20 30 40 V km/h 50

Abb. 5. Zugkraft in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit bei verschiedenen Belastungen.

Abb. 7. Vorderansicht der Sechszylinder-Viertakt-Dieselmaschine, Abb. 6, S. 642.

also die Lokomotivzugkraft bei allen Drehzahlen des Dieselmotors oder allen Zuggeschwindigkeiten gleich groß. Diese Tatsache läßt sich aber nicht vereinbaren mit der Forderung des Eisenbahnverkehrs, daß die Lokomotive bei niedrigen Geschwindigkeiten, d. h. wenn es den Berg hinauf geht, also bei dem größeren Widerstand eine höhere Zugkraft ausüben soll als bei hohen Geschwindigkeiten. Diese Tatsache wird gekennzeichnet durch die sogenannte Zugkrafthyperbel Abb. 5. Sie verlangt, daß die Zugkraft umgekehrt verhältnisgleich der Fahrgeschwindigkeit sein soll. Hat man also bei voller Drehzahl Regelfüllung im Dieselmotor, so würde das heißen, daß sie für niedrige Fahrtgeschwindigkeiten bis auf das 2- bis 2,5 fache steigerbar sein muß. Da dies ausgeschlossen ist, muß man Auswege suchen. Der nächstliegende dürfte sein, den Motor zu groß zu bemessen, so daß er bei höchster Fahrgeschwindigkeit nur einen Bruchteil der Regelfüllung beansprucht. In diesem Falle wird aber der Motor viel zu schwer und teuer.

Man hat nun Abänderungen des eigentlichen Dieselverfahrens vorgeschlagen und das Aufladeverfahren, das bei Flugmotoren, aber auch gelegentlich bei Schiffsdieselmotoren angewendet wird, hierfür empfohlen. Leider läßt sich jedoch dadurch der mittlere Druck nur um etwa 15 bis 20 vH, also in einem für Eisenbahnzwecke ungenügendem Maße steigern. Eine stärkere Erhöhung könnte nur durch eine beträchtliche Erhöhung des zugeführten Luftgewichtes, also auch des Ansaugedruckes, erfolgen. Dadurch wird zwar nicht die Höchsttemperatur des Vorganges, wohl aber seine mittlere Temperatur und außerdem gleichzeitig der mittlere Druck stark erhöht. Beide Einflüsse bewirken, daß bedeutend mehr Wärme an die Wandungen übergeht. Damit steigen sowohl die mittlere Wandtemperatur als auch der Temperaturunterschied zwischen der geheizten und der wassergekühlten Wandoberfläche. Durch die hohe Mitteltemperatur wird die Festigkeit des Materials erniedrigt, durch den Temperaturunterschied entstehen zusätzliche hohe Spannungen. Wer sich je mit dem Bau von Großdieselmaschinen, insbesondere von raschlaufenden, praktisch beschäftigt hat, weiß auf Grund vieler unangenehmer Erfahrungen, daß die mit den Fragen der Temperaturen und der Temperaturspannungen zusammenhängenden Schwierigkeiten wohl die größten sind, die der Motorenbau aufzuweisen hat. Besonders unangenehm ist hierbei der Umstand, daß Wärmerisse gewöhnlich erst nach Wochen oder Monaten eintreten und sich infolgedessen erst nach den Erprobungen im praktischen Betriebe zeigen.

Auch für die sogenannte Verbunddiesellokomotive, bei der lediglich der Niederdruckzylinder auf die Treibräder arbeitet, gelten die eben geschilderten Schwierigkeiten zu hoher Wärmespannungen in vollem Maße.

Eine weitere beachtenswerte Möglichkeit, den Dieselmotor unmittelbar auf Treibachsen arbeiten zu lassen, besteht in der Anwendung des von dem englischen Ingenieur Still stammenden Verfahrens. Die obere Kolbenseite arbeitet hierbei wie ein gewöhnlicher Dieselmotor, während die untere durch Dampf beaufschlagt wird. Dadurch, daß zur Dampferzeugung die Kühlwasser- und Abgaswärme benutzt wird, gelingt es sogar, den an sich bereits sehr guten Wirkungsgrad des Dieselmotors noch um ein paar Hundertteile zu steigern. Allerdings gilt dies nur, solange zur Dampferzeugung nicht eine zusätzliche Feuerung samt Dampfkessel herangezogen wird. Bei Lokomotiven ist letztere natürlich mit Rücksicht auf die Anfahrmöglichkeit und auf Steigungen unbedingt notwendig. Die Nachprüfung zeigt, daß dieser Dampfkessel für die meisten Fälle unangenehm groß wird. Von einer Verbesserung des Wirkungsgrades kann dann keine Rede mehr sein, der Wirkungsgrad wird vielmehr je nach dem Verhältnis, in dem die von der Dieselkolbenseite zu der Dampfkolbenseite an die Treibräder abgegebenen Energiemengen zueinander stehen, zwischen demjenigen des Dieselmotors und dem einer Auspuffmaschine stehen.

Diese aus Dieselmotor und Dampfkessel bestehende Anordnung hat den Vorteil, daß ein Anfahren, sobald Dampfdruck vorhanden ist, genau wie bei der Dampflokomotive unter allen Umständen möglich ist. Außerdem wird hierbei noch der Wirkungsgrad durch die Ausnutzung der Abwärme etwas verbessert. Dem stehen folgende Nachteile gegenüber. Zunächst ist eine Reihe von Vorteilen, die man von einer Diesellokomotive zu erwarten pflegt, aufgegeben. Die sofortige Betriebsbereitschaft ist nicht mehr vorhanden, vielmehr muß der Dampfkessel erst angewärmt und unter Druck gebracht werden. Der rauchfreie Betrieb ist nicht mehr vorhanden. Der Dampfkessel muß mit dem verhältnismäßig teuren Rohöl beheizt werden, wenn man nicht vorzieht, zwei verschiedene Brennstoffe auf die Lokomotive mitzunehmen. Die Verluste durch Anheizen und Abbrand sind nicht beseitigt, desgleichen die Verluste, die dadurch entstehen, daß der Dampfkessel während des Stillstandes der Lokomotive unter Feuer gehalten werden muß; sodann kommen bei den Betriebskosten wieder die teuren Kesselausbesserungen in Frage. Infolge des Wasserverbrauches des Dampfkessels eignet sich die Lokomotive nicht für wasserarme Gegenden. Der Kühlmantel des Dieselmotors wird viel verwickelter und teurer. Da das Kühlwasser hierbei unter dem vollen Dampfdruck steht, so sind die mittleren Wandungstemperaturen bereits recht hoch und bei den in Betracht kommenden großen Zylinderleistungen und hohen Drehzahlen nicht unbedenklich.

Eine derartige kleinere Lokomotive ist zurzeit bei Kitson in Leeds im Bau. Den bevorstehenden Versuchen wird man mit Spannung entgegensehen können.

Bei den Lokomotiven mit Zahnradübertragung sind verschiedene Übersetzungsstufen vorgesehen, die je nach den Fahrtverhältnissen aus- und eingerückt werden. Eine derartige Lokomotive ist zurzeit im Auftrage der Russischen Regierung auf Veranlassung von Professor Lomonossoff bei der Hohenzollern-A.-G. in Düsseldorf im Bau und dürfte bald auf den dor-

tigen Lokomotivprüfstand kommen. Als Antriebmaschine ist ein von der MAN gelieferter einfachwirkender Sechszylinder-Viertaktdieselmotor von 1200 PS_e Höchstleistung bei $n = 450$ Uml./min vorgesehen, Abb. 6 und 7.

Die Dieselmaschine dieser Lokomotive treibt über eine elektromagnetisch betätigte Reibkupplung und eine elastische Federkupplung das von der Firma Fried. Krupp A.-G. gelieferte Zahnradgetriebe an, das über eine Blindwelle auf die Kuppelstangen der Lokomotive arbeitet. Die Federkupplung besteht aus Blattfederwerken und ist so ausgebildet, daß trotz des geringen Schwungmomentes der vorgeschalteten Triebwerkteile und der Hauptreibkupplung und, obwohl das vom Dieselmotor gelieferte Drehmoment sehr stark schwankt, der Verlauf der Drehmomente hinter der Federkupplung recht gleichmäßig ist.

Das Zahnrädergetriebe besteht aus einem Kegelräderpaar und mehreren Stirnräderpaaren. Die verschiedenen Geschwindigkeitsstufen werden durch drei Magnetkupplungen eingeschaltet. Zwei der kleineren Kupplungen liegen außen auf der ersten Querwelle. Die dritte Kupplung sitzt im Getriebe, jedoch nicht im Ölraum, auf der letzten Welle vor der Blindwelle. Die Lager haben Preßölschmierung, ebenso die Zahneingriffe. Gehäuse und Zahnräder sind aus Stahlguß. Diese Zahn- und Kegelräder sind durchweg gehärtet und bleiben dauernd im Eingriff. Für ungehärtete Räder wären die Beanspruchungen zu groß geworden und das Getriebe hätte viel größer und schwerer gebaut werden müssen. Das Gesamtgewicht des Getriebes ohne Kupplungen beträgt 12000 kg.

Der Zahnradübertragung werden von manchen Seiten für so große Leistungen und für die schwierigen Eisenbahnverhältnisse Bedenken entgegengebracht. Um die dabei erwarteten Schwierigkeiten zu umgehen, sind Flüssigkeitgetriebe in Vorschlag gebracht worden. Die Zahl dieser Flüssigkeitsgetriebe ist ganz erstaunlich groß, nur wenige sind aber, wenigstens so viel mir bekannt geworden, bis jetzt praktisch ausgeführt und erprobt worden. Man kann zwei Arten von Flüssigkeitgetrieben unterscheiden, je nachdem für den Flüssigkeitmotor und die zugehörige Pumpe Kolben, wie z. B. beim William-Janney-Getriebe[1], oder Schaufeln, wie z. B. beim bekannten Lentz-Getriebe[2], verwendet werden.

Vor einigen Jahren hat die MAN die Verwendung eines derartigen Flüssigkeitgetriebes für Diesellokomotivzwecke ernstlich erwogen. Um in der Sache klar zu sehen, wurde eine Flüssigkeitpumpe gebaut und bei den verschiedensten Drücken und Drehzahlen erprobt. Die hierbei erhaltenen Ergebnisse waren leider nicht derart, daß sie zur Fortsetzung der Versuche oder zum Bau eines Getriebes für eine große Lokomotive ermutigt hätten. Diese Stellungnahme wurde durch die bisher bekannt gewordenen, von anderer Seite gemachten Erfahrungen keineswegs erschüttert.

Eine weitere Lösungsart ist die Kraftübertragung auf elektrischem Wege mit Hilfe von hochgespanntem Gleichstrom. Diese Ausführungsart wird von vielen als am zweckmäßigsten oder gar als einzig richtig bezeichnet. Sie stellt zweifelsohne die am weitesten entwickelte Bauart dar. Sie ist die einzige, die für eine wirkliche Vollbahnlokomotive nicht nur ausgeführt, sondern bereits im Dienste praktisch erprobt ist. Daß dies möglich war, ist im wesentlichen ein Verdienst von Professor Lomonossoff, der keine Mühe gescheut hat, um der Diesellokomotive in Rußland zur Anerkennung und zum endgültigen Erfolge zu verhelfen. Lomonossoff hatte durchaus recht, wenn er für die erste Großöllokomotive die elektrische Kraftübertragung wählte, da er hierbei in der Lage war, die Lokomotive lediglich aus Teilen zusammenzusetzen, deren Betriebsbrauchbarkeit bereits im langjährigen Betriebe praktisch erwiesen war. Diese Zusammenstellung an sich bekannter Teile ergab das geringste Wagnis[3].

Bis Anfang Februar hatte diese Lokomotive auf russischen Strecken, also ohne die auf dem Versuchsstand in Eßlingen und die in Lettland gefahrenen Strecken, bereits 5000 km zurückgelegt, hat sich hierbei glänzend bewährt und und nicht ein einziges Mal versagt. In der Zwischenzeit hat sie u. a. zwei große Fahrten nach dem Kaukasus unternommen, ohne die geringste Störung zu erleiden. Es steht in der Geschichte des Lokomotivbaues wohl einzig da, daß ein und dieselbe Lokomotive ohne weitere als die durch fahrplanmäßiges Anhalten bedingten Unterbrechungen einen Zug von über 1000 t über 5000 km schleppt. Der Auspuff des Motors war dauernd, d. h. bei jeder Belastung und Fahrgeschwindigkeit rauch- und rußfrei. Der wirtschaftliche Wirkungsgrad der Lokomotive ist, soweit die bisherigen Ergebnisse erkennen lassen, nicht unbeträchtlich besser, als man nach den an und für sich bereits recht günstigen Prüfstandergebnissen erwarten konnte. Im ganzen verbraucht man nur etwa den 4,5ten Teil an Naphtha wie für eine gleich starke Dampflokomotive. Bei der ersten Kaukasusfahrt hat sich sogar eine Verringerung des Brennstoffverbrauches bis auf den sechsten Teil des sonst bei Dampflokomotiven auf der gleichen Strecke eintretenden Verbrauches an gleichartigem Brennstoff ergeben. Auch sonst hat die Lokomotive auf der Strecke in jeder Beziehung günstig gearbeitet. Alles in allem stellt sie zweifellos einen bedeutenden Erfolg dar.

Trotz dieses Erfolges wäre es aber meines Erachtens nicht angebracht, künftig nur diese verhältnismäßig schwere, teure und verwickelte Kraftübertragungsart auszuführen.

Bei sämtlichen bisher besprochenen Arten der Kraftübertragung wird lediglich bezweckt, die von der Kurbelwelle des Dieselmotors gelieferte mechanische Energie auf irgendeine Weise auf die Lokomotivtreibräder zu übertragen. Die nächste große Gruppe der Kraftübertragungsarten, bei denen zur Übertragung dampf- oder gasförmige Körper herangezogen werden, unterscheidet sich insofern grundsätzlich von den bereits besprochenen, als hierbei außer der von der Dieselkurbelwelle gelieferten Energie auch noch die in den Auspuffgasen des Motors enthaltene Energiemenge herangezogen wird. Diese an sich schon beträchtliche Energiemenge läßt sich durch entsprechende Maßnahmen noch erheblich steigern.

Die reine Dampfübertragung wird bei der Bauart Cristiani angewendet. Hierbei führt der Dampf einen in sich geschlossenen Kreislauf durch. In einem Hochdruckkessel wird er durch die Auspuffgase des Dieselmotors auf höhere Temperatur gebracht. Von dort strömt er in gewöhnliche Lokomotivzylinder, wo er, Arbeit leistend, sich auf einen bedeutend niedrigeren Druck entspannt; alsdann gelangt er in einen zweiten Kessel, den Kühler, in dem er durch den natürlichen Luftzug der Lokomotive, der durch einen Lüfter unterstützt ist, abgekühlt wird. Nachdem er dort durch Abkühlung seinen Rauminhalt verringert hat, wird er von einem Verdichter angesaugt und von neuem in den Hochdruckkessel gedrückt. Der Verdichter wird unmittelbar vom Dieselmotor angetrieben und verbraucht dessen ganze Leistung.

Der Wirkungsgrad der Kraftübertragung, bezogen auf die effektive Leistung des Dieselmotors und die indizierte Lokomotivleistung, wird von Cristiani zu 82,5 vH errechnet. Bezogen auf die Leistung am Treibradumfang würde sich demzufolge ein Übertragungwirkungsgrad von etwa 73 vH ergeben.

Bei der Bauart Zarlatti treibt der Dieselmotor einen Luftverdichter an; die ins Kühlwasser und in die Auspuffgase übergegangene Wärme wird ähnlich wie bei dem bereits besprochenen Still-Verfahren zur Dampfbildung verwertet. Der Dampf wird durch eine besondere Vorrichtung der Druckluft beigemengt, so daß mit Wasserdampf gesättigte Druckluft in gewöhnlichen Lokomotivzylindern die Arbeit verrichtet.

Zarlatti hebt hervor, daß durch die Beimengung gesättigten Wasserdampfes die Gefahr der Eisbildung in den Lokomotivzylindern vermieden werde. Als Kraftübertragungs-Wirkungsgrad gibt er unter Berücksichtigung einiger neuer noch nicht näher bekannter Verbesserungen bis zu 90 vH, bezogen auf die Leistung an der Dieselkurbelwelle, an. Zurzeit sind in Italien sowohl eine Lokomotive nach Cristiani als auch nach Zarlatti im Bau.

[1] Vergl. a. das Schneider-Getriebe, Z. Bd. 69 (1925) S. 499 u. f.

[2] Vergl. Sonderheft der VDI-Zeitschrift „Eisenbahnwesen“, S. 60, s. a. S. 647 dieses Heftes.

[3] Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 940 und Z. Bd. 69 (1925) S. 321.

Abb. 8. Energiefluß bei einer Diesellokomotive mit Druckluftübertragung.

Bei den von der Maschinenbau-A.-G. Görlitz angewendeten Verfahren werden als Übertragungsmittel die heißen Abgase des Dieselmotors benutzt. Hierbei wird als besonderer Vorzug angesehen, daß die Gefahr von Ölzündungen vermieden ist. Eine nach einem solchen Verfahren arbeitende Lokomotive kleiner Leistung war auf der Eiisenbahnausstellung in Seddin 1924 zu sehen.

Bei einem von mir bereits Ende 1918 empfohlenen Verfahren wird reine Luft aus der Atmosphäre angesaugt, verdichtet, sodann durch die Auspuffgase des Dieselmotors erhitzt und strömt dann zur Arbeitsleistung in die Lokomotivzylinder. Eine solche Anlage für eine Großöllokomotive von 1200 PS ist zurzeit bei der MAN im Bau.

Bei sämtlichen mit gas- oder dampfförmigen Körpern arbeitenden Vorgängen spielen die thermodynamischen Besonderheiten der Gase und Dämpfe eine ausschlaggebende Rolle. Bekanntlich ist der vollkommenste thermische Vorgang zur Erzielung einer möglichst großen Menge an mechanischer Arbeit aus einer gegebenen Wärmemenge der sogenannte Carnotsche Kreisprozeß.

Der Carnotsche Kreisprozeß läßt sich nun ohne weiteres auch für Diesellokomotiven auf die Kraftübertragung mittels gasförmiger Körper anwenden. Statt der üblichen Forderung: aus einer gegebenen Wärmemenge einen Höchstbetrag an mechanischer Arbeit herauszuholen, braucht man nur zu sagen: aus einer gegebenen Menge mechanischer Arbeit unter Zuhilfenahme einer gegebenen Wärmemenge eine Höchstmenge an mechanischer Arbeit zu erzielen. Die gegebene Menge mechanischer Arbeit stellt uns hierbei der Dieselmotor für die Verdichtung des gasförmigen Arbeitsstoffes zur Verfügung, die Wärmemenge wird uns von den Auspuffgasen des Motors oder aber einer andern Wärmequelle geliefert.

Der Carnotsche Kreisprozeß verlangt nun eine möglichst tiefe untere Temperatur. Die niedrigste überhaupt mögliche Temperatur ist die der Umgebung. Auf diese kommt man nur dann herunter, wenn man Luft aus der freien Atmosphäre ansaugt und nach Durchführung des Vorganges wieder ausstößt. Bei jedem andern uns nicht unerschöpflich zur Verfügung stehenden Arbeitsstoff wie auch allgemein beim Kreisprozeß müssen wir das arbeitende Gas zur Durchführung eines neuen Kreislaufes wieder abkühlen. Man kommt aber hierbei nie ganz auf die Umgebungstemperatur herunter und braucht außerdem noch einen teuren und schweren Kühler.

Die Energieverteilung bei Druckluftübertragung im offenen Kreisprozeß zeigt Abb. 8. Ich mache hier insbesondere auf die erhebliche Verbesserung des Wirkungsgrades durch die Hinzuziehung der Abwärme der Auspuffgase aufmerksam. Ohne diese Abwärme würden die Kraftübertragungen durch Gase hinsichtlich des Wirkungsgrades entschieden hinter der elektrischen und der Zahnradübertragung zu stehen kommen; durch die Ausnutzung der Abwärme der Auspuffgase tritt aber eine recht erhebliche Verbesserung des Wirkungsgrades ein.

Unter den Übertragungen durch Gas dürfte die im offenen Kreislauf arbeitende Druckluftübertragung aus den bereits angeführten Gründen besonders aussichtsreich sein. Ich möchte jetzt noch auf den wichtigsten Einwand, den man gegen sie erheben kann, näher eingehen, nämlich auf die Gefahr von Schmierölzündungen.

Dagegen ist zu sagen, daß sowohl 1919, als die Druckluftübertragung bei der MAN auf meinen Vorschlag zuerst praktisch an einer kleineren Versuchsanlage mehrere Monate hindurch erprobt wurde, als auch 1923 bei längerer Erprobung einer größeren Einzylinder-Versuchsanlage keinerlei Ölzündungen auftraten, und daß die Leitungen keinerlei Spuren von niedergeschlagenem Öl aufwiesen. Es war allerdings, und darauf kommt es meines Erachtens am meisten an, dafür gesorgt, daß sich an keiner unerwünschten Stelle der Leitung ein Ölsumpf bilden konnte und daß ständig frische, also ölfreie Luft, angesaugt wurde. Ein Anreichern mit Öl wurde also vermieden. Trotz reichlicher Schmierung und obwohl man in der Leitung gelegentlich starke Funken überspringen ließ, kam es zu keiner Explosion.

Als Vorteile der Luftübertragung seien genannt: Die Luftübertragung stellt sich wesentlich billiger als die Zahnradübertragung und die elektrische Übertragung. Die Druckluftübertragung bringt gegenüber andern Kraftübertragungen nur wenig neue Elemente auf die Lokomotive. Die Luftdehnungsmaschine ist eine gewöhnliche Lokomotivmaschine, mit der jeder bisherige Lokomotivführer ohne weiteres vertraut ist. Der Druckluftverdichter dagegen hat nur Teile, die an dem ohnehin notwendigen Dieselmotor bereits ebenfalls vorkommen und die der Maschinist mühelos zu handhaben versteht.

Bei der Ausstattung von Ausbesserwerkstätten kann man ferner dieselben Einrichtungen, die man bereits für die Dampfmaschine braucht, auch für die Luftübertragung verwenden. Ein psychologischer Vorteil ist endlich noch, daß die Bedienung der Lokomotive durch den Führer bei der Luftübertragung praktisch die gleiche ist wie bei jeder Dampflokomotive.

Ich bin mir natürlich bewußt, daß wir zur Verwirklichung der Möglichkeiten, die in der Druckluftübertragung liegen, einen langen und vielleicht ähnlich dornenvollen Weg wie bei der Schaffung des Dieselmotors werden gehen müssen. Der Anfang dieser Arbeiten besteht in der Schaffung einer brauchbaren Druckluftübertragung in den Verhältnissen, die für Großöllokomotiven in Betracht kommen; und auch hier ist wieder die Hauptsache die Ausbildung eines raschlaufenden Verdichters von sehr hohem Wirkungsgrade bei gleichzeitig großer Leistung. Bevor dieser nicht vorhanden ist, erscheint es mir verfrüht, die in der Verwendung von Luft liegenden weiteren Möglichkeiten eingehender zu schildern.

Natürlich soll hier nicht nur der Druckluftübertragung und den in ihr etwa schlummernden Möglichkeiten das Wort geredet werden. Nicht theoretische Erwägungen, sondern die im Dauerbetrieb auf der Strecke gewonnenen Erfahrungen werden über die Eignung der verschiedenen Kraftübertragungsarten entscheiden; heute jedoch, wo solche nicht in genügendem Maße vorliegen, ist es im Sinne des Fortschrittes nur zu begrüßen, daß verschiedene Kraftübertragungsarten hergestellt und in genügend großen Ausführungen erprobt werden. [B 398]

Rohöllokomotiven mit kompressorlosem Dieselmotor und Flüssigkeitsgetriebe[1].

Von Oberingenieur W. Schumacher, Karlsruhe.

(Hierzu Tafel 4.)

Aufbau von Diesellokomotiven mit verbessertem Lentz-Getriebe — Ergebnisse von Probefahrten.

Die nachstehend beschriebenen Diesellokomotiven werden gebaut von den Firmen Maschinenbau-Gesellschaft Karlsruhe und Motoren-Werke Mannheim, A.-G., unter Führung der Motor-Lokomotiv-Verkaufs-Gesellschaft m. b. H. „Baden", die Konstruktion und Verkauf übernommen hat.

Der Aufbau dieser Lokomotiven, die z. B. für die Deutsche Reichsbahn gebaut wurden, ist für eine B-Lokomotive aus Abb. 1 und 2 bis 4, Tafel 4, ersichtlich. Der Dieselmotor gibt über eine Zwischenwelle sein veränderliches Drehmoment bei fast gleichbleibender Drehzahl an eine mehrteilige Kapselpumpe ab. Die darin erzeugten verschieden großen Druckölmengen treiben den Flüssigkeitsmotor, ebenfalls eine Kapselpumpe, deren Welle gleichzeitig Blindwelle des Fahrzeuges ist. Hierauf folgt die weitere Kraftübertragung durch Kurbeln und Stangen.

Der Dieselmotor für eine 1 B-Lokomotive ist ein Sechszylinder-Viertaktmotor von 250 mm Zyl.-Dmr. und 350 mm Hub und arbeitet kompressorlos und ohne Kolbenkühlung. Er gibt bei 375 Uml./min 250 PS_e ab. Die Brennstoffpumpen, Abb. 5, werden durch Nocken auf der Steuerwelle angetrieben. Die Füllung wird vom Regler bestimmt, der eine Düsennadel verstellt und damit den Querschnitt eines Überströmkanals verändert. Das Brennstoffventil, Abb. 6, ist als Differentialkolbenventil durchgebildet, das nur bei bestimmtem Druck der Brennstoffpumpe öffnet.

Der Brennstoff wird in fein verteilter Form in eine Vorkammer eingespritzt, wo sich ein Teil des Brennstoffes sofort entzündet und verbrennt. Dadurch wird der Druck in der Vorkammer erhöht, so daß der Hauptteil des schon zerstäubten Brennstoffes in feinster Verteilung in den Hauptbrennraum eingeblasen wird.

Die Drehzahl stellt ein einfacher Federregler ein, der die Schwankungen der Drehzahl zwischen Leerlauf und 10 vH Überlast in den Grenzen von 5 bis 10 vH hält.

Die hydraulische Übertragung ist aus dem Lentz-Getriebe[2]) unter Verwendung der Lentz-Patente ent-

[1]) Mitgeteilt in der Fachzeitung „Dieselmaschinen" der 64. Hauptversammlung.

[2]) Z. Bd. 56 (1912) S. 577, Bd. 65 (1921) S. 1160.

Abb. 5. Brennstoffpumpe des Lokomotiv-Dieselmotors.

Abb. 6. Brennstoffventil des Lokomotiv-Dieselmotors.

- a Reguliernadel
- a_1 Regulierbüchse
- b Druckstopfen
- b_1 Führungsbüchse
- c Pumpenoberteil
- d Saugventilsitz
- d_1 Saugventil
- d_2 Saugventil-Druckstopfen
- e Abstellwelle
- e_1 Gegenmutter
- e_2 Abstellschraube
- f Pumpenunterteil
- g Brennstoffhebel
- g_1 Hebelbock
- h Steuerwelle h_1 Nocken
- i Druckventil
- i_1 Druckventilkegel
- i_2 Druckventilstopfen
- k Tauchkolben-Führungsbüchse
- k_1 Pumpentauchkolben
- l Druckstopfen
- m Stellschraube
- m_1 Stellmutter
- n Stößelführungsbüchse
- n_1 Stößel
- o Nockenrolle.

Abb. 1. Untergestell der B-Lokomotive mit 160 PS-Rohölmotor und Lentz-Getriebe.

Abb. 9. Verhalten von Öldruck p und Ölmenge Q während des Umschaltens.

d Druckverlauf für einzelne Schieberstellungen

Abb. 8.

Abb. 12 bis **14.** Ölgetriebepumpe für 250 PS. Maßstab 1 : 15.

Abb. 7 und **8.** Schema des Flüssigkeitsgetriebes der „Baden"-Lokomotive.

W_p Pumpenwelle
P_1, P_2, P_3, P_4 Kapselpumpen
St Steuerschieber
U Umsteuerschieber
M Oelgetriebemotor
W_m Welle des Oelmotors
K Sammel- und Ausgleichbehälter
D Druckraum
L Leerlaufraum
l Steuerleiste
k Kanal
R Druckwechselventil
S Ueberdruckventil.

wickelt worden, Abb. 7 bis 9. Auf der Pumpenwelle W_p sitzen z. B. vier einzelne Kapselpumpen, P_1 bis P_4, St ist der sogenannte Steuer-, U der Umsteuerschieber, M ist der Ölgetriebemotor, W_m seine Welle, d. h. die Blindwelle des Fahrzeugs, K ist ein Sammel- und Ausgleichbehälter, worin die Treibflüssigkeit, das Öl, auch gekühlt wird. Der Ölkreislauf ist durch Pfeile bezeichnet. Die einzelnen Kammern können in beliebiger Anzahl auf „Arbeit" oder „Leerlauf" gestellt werden. In der abgebildeten Einstellung fördern z. B. P_1 und P_2 nach dem Druckraum D, während in P_3 und P_4 das Öl leer umläuft. Durch das Zu- und Abschalten einer Kammer werden die übrigen nicht beeinflußt. Dreht man einen der Schieber St, so gleitet seine Steuerleiste l über den Kanal k weg, drosselt zunächst den Ölumlauf bis zu einem bestimmten Druck und erst dann strömt Öl in den Raum D, während außerdem noch Öl leer umläuft.

Wie sich der Öldruck und die Ölmengen während des Zu- oder Abschaltens verhalten, zeigt Abb. 9. Die Kurve d, die man für jede Pumpengröße leicht durch Versuch bestimmen kann, zeigt den Verlauf des Druckes für die einzelnen Schieberstellungen. Sind p_1, p_2, p_3, p_4 die normalen Arbeitsdrücke, wenn 1, 2, 3 oder 4 Kammern parallel geschaltet sind, so ist $k - i_n = l_n$ die Breite der Steuerleiste für die n-te Kammer.

Abb. 13.

Abb. 10. Schaltung mit Zahnrad- bzw. altem Lentz-Getriebe.

Abb. 11. Schaltung mit verbessertem Lentz-Getriebe.
V Geschwindigkeit Z Zugkraft.

Die in den Druckraum D geförderten Druckölmengen fließen über den Schieber U, je nach seiner Stellung, rechts oder links drehend, dem Motor M zu. Die Form des Umsteuerschiebers läßt erkennen, daß alle Verhältnisse bei Vor- und Rückwärtsfahrt übereinstimmen.

Um das Übertragungsgetriebe für ein Fahrzeug verwenden zu können, mußte man noch ein Fahrventil einbauen, das verhindert, daß der Zug durch das Getriebe oder den Dieselmotor gebremst wird. Dieses Druckwechselventil R ermöglicht, daß der Ölmotor immer genügend Öl erhält, also kein Druck auf der Saugseite auftritt, auch wenn man bei fahrender Lokomotive die Pumpe abschaltet, oder bei Talfahrt die Lokomotive schneller läuft als der größten Ölfördermenge entspricht. Ein Überdruckventil S schützt ferner das Getriebe vor zu hohen Drücken.

Mit dieser Getriebebauart ist es gelungen, das für den Vollbahnbetrieb unerläßliche „Umschalten unter Last" mit einfachen, betriebsicheren Mitteln durchzuführen. Der Übergang auf höhere oder niedrigere Geschwindigkeit erfolgt stoßfrei und elastisch. Die vor Beginn des Zuschaltens vorhandene Zugkraft bleibt in der vollen Höhe erhalten, ebenso ändert sich die einmal erreichte Geschwindigkeit nicht. Beim Abschalten gilt das Gleiche. Wie sich diese Schaltung durch die Größen Zugkraft und Geschwindigkeit im Gegensatz zu der Schaltung mit bisherigen Lentz-Getrieben oder mit Zahnradgetrieben aller Art kennzeichnet, ist in Abb. 10 und 11 für den Fall der Beschleunigung eines Zuges auf Höchstgeschwindigkeit dargestellt.

In Abb. 12 bis 17 sind die vierteilige 250 PS-Ölgetriebepumpe und der zugehörige doppelt beaufschlagte Ölgetriebemotor, in Abb. 18 das Fahrventil, d. h. das vereinigte Druckwechsel- und Überdruckventil, im Schnitt dargestellt.

Mit Ausnahme der Kurven werden alle Teile auf gewöhnlichen Werkzeugmaschinen austauschbar hergestellt. Mit Hilfe einer guten Kopierfräsmaschine und geeigneter Schablonen ist es auch gelungen, die Scheiben mit den gekrümmten Führungsbahnen von der Werkzeugmaschine weg ohne Nacharbeit einbaufertig und austauschbar zu erhalten. Der Einbau des Getriebes und seine Eingliederung in die Lokomotive bietet infolge der einfachen Kreuzung der treibenden und der getriebenen Achse keine Schwierigkeit. Die Unterbringung von Pumpe und Motor in zwei Gehäusen ergibt günstige Lastverteilung bei geringem Überhang und normalen Radständen.

Die Wärme, die vom Dieselmotor und in geringem Maß auch vom Getriebe abgeführt werden muß, wird an eine Kühlanlage mit geschlossenem Wasserkreislauf, Abb. 19, abgeführt, die einen Hauptvorteil der Diesellokomotive, die Unabhängigkeit von Wasserstationen (im Ge-

Abb. 20. Ergebnisse eines Dauerbremsversuches.

Abb. 21. Wärmediagramm der Rohöllokomotive.

Abb. 15 und 16.

Schnitt A-B

Abb. 15 bis 17. Ölgetriebemotor für 250 PS. Maßstab 1 : 15.

Abb. 18. Getriebe-Fahrventil.

Abb. 19. Plan der Kühlanlage auf der „Baden"-Diesellokomotive.

a Oelkühler
b Oelgetriebe
c Dieselmotor.

gensatz zu Verdunstungs-Kühlanlagen) nicht aufhebt. Bei mehreren sechsstündigen Dauerversuchen wurden folgende Temperaturen ermittelt:

$N_e = 160$ PS, $T_1 = 27\,^0$C, $T_2 = 42{,}5\,^0$C
$T_3 = 60\,^0$C, $T_4 = 62\,^0$C, $T_5 = 75\,^0$C,
$Q = 7{,}2$ m³/h,

wobei T_1 und T_2 Lufttemperaturen, T_3 bis T_5 Kühlwassertemperaturen bedeuten.

Dauerbremsversuche in geschlossenem Prüfraum an der stehenden Lokomotive mit Pronyschem Zaum, wobei auf die Blindwelle statt Treibkurbeln Bremsscheiben aufgesetzt wurden, haben u. a. bei mittlerer Übersetzung die in Abb. 20 dargestellten Werte ergeben. Der Verlauf der Drehzahlen zeigt, daß die Drehzahl von Leerlauf bis zu Vollast zurückgegangen ist. Die Drehzahl der des Motors um 4 vH zurückgegangen ist. Die Drehzahl der Blindwelle nahm entsprechend und bei steigender Erwärmung des Öles außerdem um 6 bis 7 vH ab, die als Schlupf zu bezeichnen sind.

Die Temperaturen erreichten erst nach etwa zwei Stunden ihre Höchstwerte. Die Belastung wurde mit kurzer Anlaufzeit auf normale Höhe eingestellt und über die ganze Versuchsdauer aufrechterhalten. Die Dauerversuche sollten über die zu erwartende Betriebsicherheit Aufschluß geben. Der Verlauf der Belastungen zeigt, daß weder steigender Druck noch Erwärmung des Getriebes Störungen hervorgerufen haben. Jedes Getriebe wurde bei verschiedenen Schaltungen und Belastungen mindestens 18 Stunden gebremst.

Die Auswertung der Versuche zeigt das Wärmediagramm, Abb. 21, das sich außerdem auf Ergebnisse langer Streckenfahrten stützt.

Abb. 22. Ergebnisse von Streckenfahrten.

Abb. 23. 160 PS-B-Rohöllokomotive mit 170 t Anhängelast auf dem Bahnhof Wilferdingen.

Die Streckenfahrten mit dieser Lokomotive auf der Gebirgstrecke Karlsruhe-Pforzheim haben die in Abb. 22 dargestellten Ergebnisse geliefert. Diese Fahrten, die mit drei verschiedenen 160 PS-B-Lokomotiven ausgeführt wurden, sollten vor allem Winke für die Bedienung liefern und die Anpaßfähigkeit der Lokomotive zeigen. Zunächst wurde ganz davon abgesehen, den Motor zu regeln und die Lokomotive ausschließlich durch das Getriebe gesteuert, das für diese kleinen Lokomotiven nur drei Übersetzungen hatte.

Wie man aus dem Verlauf der mit Zugkraftmesser aufgenommenen Zugkraft am Haken erkennt, ist die „Umschaltung unter Last" einwandfrei erreicht. Trotz häufigen Wechsels der Übersetzung berührt die Zugkraft nirgends die Nullinie. Die Linie des Arbeitsdruckes zeigt das gleiche Bild.

Abb. 24. Führerstand.

Abb. 25. 250 PS-1 B-Rohöllokomotive.

Bei früheren Fahrten mit einer gleichen Lokomotive und gleichem Zuggewicht hatte man ab Durlach und Wilferdingen nur bis zur zweiten Übersetzung geschaltet und auch bei geringerer Belastung in der Wagerechten der Haltestellen keine höhere Geschwindigkeit eingeschaltet; bei der vorliegenden Fahrt blieb dagegen immer die dritte Geschwindigkeit eingeschaltet, und man schaltete nur dann zurück, wenn die Motordrehzahl auf etwa 300 Uml./min gesunken war. Der Verlauf der Motordrehzahlen bei den früheren Fahrten ist mit dünnen Linien in Abb. 22 eingezeichnet und von dem der zweiten Schaltart merklich verschieden.

Sobald die notwendige Zugkraft geringer wurde, holte der Dieselmotor an Drehzahl auf, und entsprechend steigerte sich z. B. bei Ispringen die Geschwindigkeit von rd. 17 auf 20 km/h, bis die Motordrehzahl durch den Regler ihre obere Grenze erreichte und in der Steigung wieder zurückging. Der Motor war selbstverständlich während der Fahrt in der Wagerechten nicht voll belastet.

Im Gegensatz hierzu zeigt die andre Schaltart, daß z. B. zwischen km 15 und 17 der Motor bei der dritten Geschwindigkeit zur Überwindung des augenblicklichen Zugwiderstandes einen Arbeitsdruck von 6 at erzeugen mußte, was etwa Normallast entspricht. Nach der Einfahrt in die Steigung steigerte sich der Arbeitsdruck, dagegen verminderte sich die Motordrehzahl von 370 auf 300 Uml./min, und die Zuggeschwindigkeit sank von 26 auf 20 km/h.

Der Motor gab in beiden Fällen ziemlich genau die gleiche Leistung her. Er hat selbsttätig bei Abnahme der Drehzahl um etwa 17 vH den mittleren wirksamen Kolbendruck um 17 vH gesteigert, d. h. in kleinen Grenzen und für kurze Zeit das Produkt $N = \frac{Z\,V}{270}$ selbsttätig der Strecke angepaßt, wie das einer Dampflokomotive in bedeutend weiteren Grenzen und für lange Zeit möglich ist.

Die gleiche Lokomotive, mit der die oben beschriebene Fahrt gemacht wurde, wird zurzeit auf größeren Fahrten eingehend untersucht. Abb. 23 zeigt eine solche Lokomotive mit 170 t Anhängelast auf dem Bahnhof Wilferdingen, Abb. 24 den Führerstand. Eine 250 PS-1 B-Lokomotive für Geschwindigkeiten von 50 bis 60 km/h, Abb. 25, befindet sich kurz vor ihrer Ablieferung, sie hat die Werkprobefahrten hinter sich, die allen Erwartungen entsprochen haben.

Die bis heute gesammelten Erfahrungen mit den beschriebenen Lokomotiven geben etwa folgendes Bild: Der Aufbau ist einfach; das Gleiche gilt für die Bedienung, da das Getriebe keinerlei Wartung bedarf. Die Kraftübertragung vom Motor auf das Fahrzeug durch das Lentz-Getriebe hat guten Wirkungsgrad und ist vollkommen stoßfrei, auch während der Umschaltzeiten. Nachteilige Einflüsse auf die Wagenkupplungen sind daher ausgeschlossen.

Mit nur drei Geschwindigkeitsstufen zeigen die Lokomotiven schon eine bemerkenswerte Anpaßfähigkeit an die ständig wechselnden Streckenwiderstände. Diese Anpaßfähigkeit kann man bei großen Lokomotiven noch durch eine vom Führer zu betätigende Leistungsregelung des Motors und durch größere Zahl der Getriebeübersetzungen steigern.

Im ganzen sind bis heute Lokomotiven der beschriebenen Bauart in Stärken bis 250 PS_e unter den verschiedensten Betriebsverhältnissen im Dienst, zum Teil schon 1 bis 2 Jahre. Die damit gesammelten Erfahrungen haben gezeigt, daß bis zur angegebenen Leistung die Frage der Diesellokomotive technisch und wirtschaftlich als gelöst zu betrachten ist.

Aber auch Lokomotiven größerer Leistung, bis etwa 1000 PS_e, sind auf Grund der praktischen Erfahrungen und eingehender Versuche ausführbar und auch schon in Angriff genommen. [B 387]

Dampfkessel.

Das Dampfkesselwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Eindrücke auf einer Studienreise.

Von Friedrich Münzinger, Berlin.

Vortrag in der Fachsitzung „Dampfkesselwesen" der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Augsburg 1925.

Die hauptsächlichsten Kesselfirmen — Kesselherstellung im allgemeinen — Nieten, Verstemmen und Biegen der Kesseltrommeln — Wasserkammern und Sektionen — Schrägrohrkessel oder Steilrohrkessel — Kesselheizfläche in großen Dampfkesselanlagen — Abnahme und Ueberwachung von Dampfkesseln — Neuere Bestrebungen im Dampfkesselbau: Höchstdruckdampf und Zwischenüberhitzung — Quecksilberdampfkessel — Kohlenstaubfeuerungen — Rauchgas-Speisewasservorwärmer — Luftvorwärmer — Gekühlte Feuerraumwände (Luftkühlung, Wasser-Dampfkühlung, Ueberhitzer-Kühlung) — Selbsttätige Feuerführung — Untersuchungen an Dampfkesseln: Wärmeübergang — Wasserumlauf — Betriebserfahrungen: Nietrisse — Personalaufwand — Betriebswirkungsgrade — Wettbewerbfähigkeit — Folgerungen für die deutsche Kesselindustrie.

Einleitung.

Um die Jahreswende machte ich im Auftrage des Vereines deutscher Ingenieure und der Allg. Elektricitäts-Gesellschaft eine Reise nach den Vereinigten Staaten von Amerika, um den heutigen Stand der amerikanischen Erzeugung und Verwertung von Dampf aus eigener Anschauung kennen zu lernen und mich über einschlägige Fragen mit Fachgenossen auszusprechen.

Durch zahlreiche Unterhaltungen mit amerikanischen Besuchern in Berlin und die Vorarbeiten für mein im Jahre 1923 erschienenes Buch „Amerikanische und deutsche Großdampfkessel" kannte ich bereits vor meiner Reise die Verhältnisse recht gut, so daß ich meinen sechswöchentlichen Aufenthalt fast ohne jeden Zeitverlust ausnutzen konnte. Die wertvollste Unterstützung war mir aber die nie ermattende Hilfsbereitschaft, mit der mir drüben Fremde und Bekannte entgegen kamen.

Calvin Rice, der verdienstvolle Sekretär der American Society of Mechanical Engineers, sagte mir kurz nach meiner Ankunft: „Bei uns ist alles offen, unsere Herzen und unsere Fabriken, und es wird Ihnen gern alles gezeigt werden. Sollte Ihnen aber einmal jemand nichts zeigen wollen, so können Sie fast immer annehmen, daß er eben nichts zu zeigen hat." Ich bekam tatsächlich weit mehr zu sehen, als ich billigerweise erwarten konnte, und ich habe die Bereitwilligkeit, Betriebseinrichtungen zu zeigen und Erfahrungen mitzuteilen, immer wieder bewundern müssen. Sie ist ein wichtiger Wesenszug des Amerikaners und entspringt offenbar der berechtigten Freude an der Leistungsfähigkeit seines Landes. Man findet diesen schönen Stolz überall, bei hoch und niedrig. Er muß für das gedeihliche Zusammenarbeiten der verschiedenen Volksschichten von unschätzbarem Wert sein. Meine Erinnerung an die Vereinigten Staaten ist verknüpft mit der Bekanntschaft vieler hervorragender Fachgenossen und prächtiger Menschen, denen ich für ihre Unterstützung auch hier nochmals herzlich danken möchte. Selbstverständlich erwartet der Amerikaner Gegenseitigkeit. Wer diese Erwartung aus irgendwelchen Gründen nicht erfüllen kann oder will, wird keinen großen Nutzen von einer amerikanischen Reise haben.

Ich habe u. a. 5 Kesselfirmen, 20 der modernsten und größten Elektrizitätswerke und viele ausgezeichnete Ingenieure besucht, Abb. 1.

Das von mir bearbeitete Gebiet ist aber so groß, daß ich hier nur auf das Wichtigste eingehen kann. Da ich den Inhalt meines Buches „Amerikanische und deutsche Großdampfkessel" in allen wesentlichen Teilen bestätigt gefunden habe, werde ich mich daher besonders solchen Punkten zuwenden, die dort nicht behandelt oder der Ergänzung bedürftig sind.

Die Kesselfirmen.

Während der Unterschied zwischen der Jahreserzeugung der zwei oder drei größten deutschen Kesselfirmen nicht beträchtlich ist, soll die Babcock & Wilcox Co. in New York etwa 50 vH des gesamten amerikanischen Geschäftes machen. Sie ist ausgezeichnet geleitet und hat einen Stab technisch und wissenschaftlich hervorragender Ingenieure. In der Größe folgen Heine Boiler Co., Edge Moor Iron Co., Springfield Boiler Co., Bigelow Co. und Connelly Boiler Co. Auch diese Firmen sind für europäische Verhältnisse bedeutend und haben z. T. sehr schöne Werkstätten. Sie und eine Reihe kleinerer und kleinster Firmen, die nicht immer einen guten Ruf genießen, teilen sich in die übrigen 50 vH des Absatzes. Im Gegensatz zu den führenden Firmen, die auch durch wissenschaftliche Forschung Bedeutendes leisten, bauen manche der kleinen Fabriken ihre Kessel mehr handwerkmäßig und ihre Kunden müssen manchmal zusehen, wie sie später damit zurecht kommen.

Preis und Absatz regelnde Vereinigungen verbietet das amerikanische Gesetz. Es wäre wohl auch kaum möglich, so heterogene Elemente einheitlich zu instruieren. Tatsächsich sind die Kesselpreise der ersten Firmen beträchtlich höher und der Käufer ist bereit, den durch ihr besseres Erzeugnis und ihre größere Zuverlässigkeit und Erfahrung gerechtfertigten Mehrpreis anzulegen, soweit er technisch genügend urteilfähig und finanziell dazu in der Lage ist. Dies ist insbesondere bei den großen Elektrizitätsgesellschaften der Fall. Zu ihren Lieferanten zu gehören, ist daher ein guter Maßstab für die Leistungsfähigkeit einer Kesselfirma, wenngleich natürlich auch andere Rücksichten bei der Vergebung von Aufträgen eine gewisse Rolle spielen.

Viele Kesselfirmen geben vorzüglich ausgestattete und gedruckte Werbeschriften, Kataloge usw. heraus. Sie sind fast immer geschmackvoll, klar und sachlich. Einige davon ähneln Lehrbüchern mehr als den flüchtigen Erzeugnissen geschäftlicher Werbetätigkeit[1]). Viele sind auch insofern geschickt abgefaßt, als sie neben einer guten Beschreibung der Kessel ein eindrucksvolles Bild von der Werkstättenausstattung geben und das Zutrauen in die Leistungsfähigkeit der Firma wirkungsvoll unterstützen.

[1]) Steam; Stirling water tube boilers; Principles of combustion; Steam superheaters; Experiments on the rate of heat transfer — Babcock & Wilcox Co.
Steam boiler engineering. Heine Boiler Co.
Kidwell two-flow-ring-circuit boiler. Kidwell Boiler Co.

Abb. 1. Reiseweg.

Ein von einer großen Wasserreinigungsfirma herausgegebenes Taschenbuch über die Betriebsführung von Kesselanlagen gehört m. E. zum Besten, was es an gemeinverständlicher Kesselliteratur überhaupt gibt[1]).

Kesselherstellung.

Im Jahre 1924 ist eine neue Sammlung von Vorschriften und Regeln für den Bau von Dampfkesseln, der Boiler Construction Code (Standard rules for the construction of stationary steam boilers), von der American Society of Mechanical Engineers, der angesehensten amerikanischen Ingenieurvereinigung, herausgegeben worden[2]), nachdem bereits im Jahre 1918 eine Zwischenlösung getroffen worden war. In dem Ausschuß, der seine Herausgabe besorgte, saßen Vertreter aller beteiligten Kreise, darunter auch einer der technischen Presse. Während früher in den 48 amerikanischen Bundesstaaten verschiedene Vorschriften bestanden, wodurch das Kesselgeschäft recht erschwert wurde, ist der neue Code bereits von zahlreichen Staaten angenommen worden und wird wohl in kurzer Zeit in ganz Amerika Gültigkeit haben.

Herstellung der Kesseltrommeln.

Die von mir besichtigten Kesselfabriken benutzten folgende Nietdrücke:

Fabrik	Nietstempeldruck t	Benutzt bei Nietdurchmessern von engl. Zoll	Entsprechender spezifischer Nietdruck t/cm²
I	100	1 bis 1¼	21,7 bis 13,89
II	200	1⅝	15,0
	150	1½	13,3
III	100	1	19,7
IV	100	1	19,7
Angaben eines Kesselinspektors	75	7/8 bis 15/16	19,3 bis 16,9

In „The Locomotive", der Zeitschrift der größten Dampfkessel-Versicherungsgesellschaft, wird im Anschluß an eine Besprechung des Explosionsunglückes in Reisholz, das nach Ansicht des amerikanischen Berichterstatters auf schlechte Bleche und nicht auf zu hohen Nietdruck zurückzuführen ist, ein Nietdruck von 15 bis 23 t/cm² als gute amerikanische Praxis bezeichnet. Der Nietdruck ist also weit höher als bei uns. Man scheint sich aber nicht viel Kopfzerbrechen über seine günstigste Höhe zu machen und seine Wahl mehr dem persönlichen Ermessen des Betriebleiters zu überlassen. Die Untersuchungen von Prof. Baumann und andern deutschen Forschern sind unter den Werkstattingenieuren wenig bekannt. Auch der neue Boiler Construction Code vom Jahre 1924 enthält keine Vorschriften über die Höhe des Nietdruckes.

[1]) Finding and stopping waste in modern boiler rooms. Cochrane Corporation, Philadelphia.
[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1219

Abb. 2. Verbindung von Obertrommel und Wasserkammer der Edge Moor-Kessel.

Vorrichtungen für selbsttätige Überwachung der Nietzeit und des Nietdruckes habe ich nirgends angetroffen. Die Folgen zu hoher Drücke waren gleichfalls fast unbekannt, obgleich die Fachliteratur eine Reihe von Abbildungen mißhandelter Bleche veröffentlicht hat, die sie deutlich zeigen. Überkommene Gewohnheit und ein fast fatalistisches Vertrauen in die Widerstandfähigkeit der Bleche scheinen demnach internationale Eigenschaften zu sein.

Mitteilungen über die neuzeitliche deutsche Nietpraxis fanden außerordentliches Interesse. Die meisten Herren gaben ihre Vorzüge zu und ein Leiter einer großen Fabrik meinte, wir hätten diese Vorgänge weit besser erforscht. Es wurde allerdings auch bezweifelt, ob man bei schweren Nietarbeiten mit 8 t/cm² Nietdruck auskomme. In einer Fabrik wurden die noch ziemlich rotwarmen Nieten schon vor dem Abheben des Stempels mit kaltem Wasser abgeschreckt und man schien dies dort für ein ganz natürliches Verfahren zu halten. Ein Herr klagte darüber, daß die Arbeiter keine ordentliche Lehre mehr durchmachen wollen; auch leide das Nieten darunter, daß die Leute, um möglichst viel zu verdienen, mit zu hohem Druck nieten und auch sonst unsachgemäß arbeiten.

Schuchsche Stiftnietung fand ich nirgends. Trotzdem scheinen die Nieten gut dicht zu halten, da nur verhältnismäßig wenig Nieten verstemmt werden. Ein Kesselinspektor gab deren Zahl zu ungefähr 10 vH an und sagte, allgemein verstemme man Nieten nur bei Kesseln, die für Betriebe mit ungünstigen Speisewasserverhältnissen bestimmt seien.

Eine Fabrik hat Obertrommeln für Schrägrohrkessel von 1200 mm (48") Dmr. für Dampfdrücke bis zu 42 at genietet und ist der Ansicht, daß sie auch bei 50 at Kesseldruck zuverlässig nieten könne. Ein Kesselinspektor berichtete, in seinem Bezirke seien genietete Trommeln von 1200 mm Dmr. bei einem 45 at-Kessel im Betriebe; Schwierigkeiten seien bisher nicht aufgetreten.

Eine Fabrik soll bei Kesseln für besonders hohen Druck abgedrehte Nieten verwenden. Die stärkste Nietmaschine hatte 200 t Stempeldruck, sie soll angeblich die stärkste Maschine in den Vereinigten Staaten überhaupt sein.

Die Nietlöcher werden noch vielfach gestanzt und dann aufgebohrt oder aufgerieben. Auch die Löcher für die Rohre und Rohrverschlüsse in den Böden der Wasserkammern werden noch gestanzt. Selbst gute Firmen und erfahrene Ingenieure sind sich nicht bewußt, wie schädlich dies ist. Der Boiler Construction Code läßt das Stanzen von Löchern ausdrücklich bei Blechen bis zu ⅝" Dicke zu mit der Maßgabe, daß das gestanzte Loch ¼" enger ist als das fertige, drückt sich aber in dieser Frage etwas unklar aus. Im Katalog einer angesehenen Kesselfirma wird ganz allgemein gesagt, daß sie alle Nietlöcher stanze und dann durch Bohren oder Auftreiben auf passende Weite bringe. Die Bohrmaschinen für die Nietlöcher hatten bis zu 80 Spindeln für Bohrer bis zu 1½" Dmr., die Fräsmaschinen für die Bohrungen der Wasserrohre bis zu 12 Spindeln. Bei einer der Firmen meinte man aber, daß 80spindlige Maschinen doch nur sehr selten ausgenutzt werden könnten. Nur sehr wenige Firmen drehen die Kesselböden und ihren Sitz in den Trommeln ab, manche nur den Boden, viele nur seine Stemmkante.

Einige Firmen scheinen die äußeren Laschen von Längsnietnähten etwas stärker, die inneren etwas weniger stark zu biegen als den Trommelmantel. Die meisten Firmen verstemmen die Nietnähte innen und außen, Babcock & Wilcox nur innen, damit alkalisches Wasser nicht zwischen die Bleche eindringen kann. Längs- und Rundnähte, Trommelböden und Nietköpfe wurden zum Teil für unsere Begriffe wenig sachgemäß verstemmt, indem in das Trommelblech unter erheblicher Verletzung der Blechhaut hineingestemmt wurde. Die Hälse vieler Kesselböden hatten in den Krempen sehr kleine und nur vereinzelt große Krümmungshalbmesser.

In der größten Blechbiegemaschine konnten Bleche bis zu 8400 mm Breite gebogen werden. Die Außenkanten der

leche werden noch vielfach stückweise gebogen, nur in enigen Werkstätten ist dies ähnlich verpönt wie bei uns. ie fertig gebogenen Kesseltrommeln werden nirgends ausglüht. Für die zunehmende Verwendung geschweißter esseltrommeln in Deutschland, sowie für ihre Herstellung, igenschaften und Vorteile herrschte sehr großes Interesse. ei einem der mittleren Werke war man der Ansicht, daß schweißte Trommeln im Fall ihrer Bewährung von groem fabrikatorischen Nutzen wären, da die Kesselfabriken ınn ihre Maschinenausstattung wesentlich vereinfachen önnten und der Bau breiterer Kessel erleichtert werden ürde.

Wasserkammern und Sektionen.

Wasserkammern werden allgemein durch Nietung hergestellt, teils unter Verwendung U-förmig gestalteter Umlaufbleche, teils indem man die umgebogenen Falze der Vorder- und Hinterwand der Kammer durch ein aufgenietetes glattes Blech verbindet. Sie werden bei Kesseln mit Längstrommeln entweder wie bei uns durch vorderen und hinteren Kammerhals, der sich der Rundung der Trommel anschmiegt, oder, wie bei den Kesseln der Edge Moor Iron Co., durch glatte ebene Flansche angeschlossen, indem die beiden Verschlußdeckel der Wasserkammern gleichzeitig den Abschluß der Trommel bilden, mit der sie durch Stehbolzen verbunden sind, Abb. 2. Bei den 1650 m²-Kesseln im Lakeside-Kraftwerk sind auf diese Weise sechs Obertrommeln an eine Wasserkammer angeschlossen.

Die Längsobertrommeln haben vielfach mit rd. 1200 mm (48″) kleineren Durchmesser als bei uns. Bei den Edge Moor-Kesseln sind die Vorderseiten der Wasserkammern um die Rohrverschlußbohrungen herum ausgepreßt, Abb. 3. Dadurch wird das Verschlußblech trotz schmaler Stege zwischen den Öffnungen für die Verschlußdeckel so steif, daß jeder Deckel durch sein eigenes ovales Loch herausgenommen werden kann. Wasserkammerkessel der in Deutschland üblichen Bauart haben auch bei Wanderrosten und Unterschubrosten noch vielfach wagerechte Rauchgaszüge, weil sich die Scheidewände einfacher einbringen und besser dichthalten lassen sollen. Ferner können die Züge durch die hohlen Stehbolzen in den Wasserkammern ausgeblasen werden.

Die Aufhängung der Edge Moor-Kessel zeigt Abb. 4.

Fremde, die vielfach nur einige der größten, gewissermaßen repräsentativsten Elektrizitätswerke besuchen, gewinnen leicht den Eindruck, als ob Wasserkammerkessel in Amerika fast ausgestorben seien und mögen aus der einen oder anderen Bemerkung den Schluß ziehen, schlechte Erfahrungen seien hieran schuld. Dem ist indes nicht so. Eines der neuzeitlichsten und berühmtesten Werke, Lakeside in Milwaukee, hat z. B. nur Wasserkammerkessel von der immerhin beträchtlichen Heizfläche von 1650 m², und man ist damit sehr zufrieden. Ähnliches gilt für einige andre große, wenn auch wohl nicht ebenso neuzeitliche Werke. Tatsächlich bevorzugen aber die großen Elektrizitätswerke, insbesondre im östlichen Amerika, Sektionalkessel. In manchen Industrieanlagen herrschen aber z. T. andre Verhältnisse. Doch überwiegt schon heute der Sektionalkessel, und auch Firmen, die bisher streng an Wasserkammern festgehalten und damit guten Ruf erworben haben, gehen jetzt zu Sektionalkesseln über, wie z. B. die Heine Boiler Co., wozu sich in Kürze auch die Edge Moor Iron Co. gesellen soll.

Zu dem Vorrang der Sektionalkessel trägt hauptsächlich der überragende Anteil der Firma Babcock am Verkauf von ortfesten Kesseln und ihre beherrschende Stellung im Bau von Wasserrohrkesseln für die Kriegsmarine bei. Da Wasserkammern mit eingeschweißtem Umlaufblech offenbar schon lange verschwunden sind, entfiel zwar einer der Hauptgründe, sie durch Sektionen zu ersetzen. Auch mangelhafte Sicherheit der genieteten Wasserkammern ist nicht die Ursache zum Übergang zu Sektionen, sondern die Schwierigkeit oder Unmöglichkeit, sehr große Heizflächen vorteilhaft unterzubringen, die Unhandlichkeit und schwere Beförderung der großen Kammern, die Bevorzugung von Sektionalkesseln durch die großen Elektrizitätswerke und vor allem die konstruktiven und fabrikatorischen Vorteile von Sektionen. Der Übergang zum Sektionalkessel führte über den Wasserkammerkessel mit querliegender Obertrommel und erhielt den letzten und kräftigsten Anstoß durch den Bau der Kessel für die sogenannten Einheitsschiffe während des Krieges.

Abb. 3. Stirnblech der Wasserkammer eines Edge Moor-Kessels.

Um möglichst rasch liefern zu können, hatte man die Kessel jener Schiffe weitgehend genormt. Sie hatten zwar genietete Wasserkammern, aber einen querliegenden Oberkessel, woran die vordere Wasserkammer mit einem Hals, die hintere mit Rohren angeschlossen war, ähnlich wie bei den hinteren Sektionen der Schiffskesselbauart der Deutschen Babcockwerke. Später wurde auch die vordere Wasserkammer durch Rohre mit der Obertrommel verbunden.

Die Kessel wurden zum großen Teil von Landdampfkesselfirmen geliefert, die dadurch die Vorzüge querliegender Obertrommeln und des Anschlusses der Kammern durch Rohre statt durch geschmiedete Hälse erkannten. Denn sie

Abb. 4. Aufhängung von Edge Moor-Kesseln.

Man beachte die Auspressung des Deckelbleches der Wasserkammer gegenüber dem Trommelanschluß zwecks Verstärkung.

hatten es immer unangenehmer empfunden, daß so schwierige und verantwortungsvolle Paß- und Nietarbeiten, wie der Anschluß der Wasserkammern an die Obertrommeln auf der Baustelle ausgeführt werden mußten, wo nicht die Vorrichtungen und die Überwachung vorhanden waren, wie in der Fabrik. Abgesehen vom leichteren Versand, der größeren Elastizität, der einfacheren Montage und der Vermeidung eines schwierigen und unsicheren Kesselteils können bei quergelegter Obertrommel die Rauchgase nicht selten bequemer abgeführt werden, Abb. 5.

Nachdem sich diese Erkenntnisse allmählich durchgesetzt hatten, wurde der weitere Schritt zum Ersatz der Wasserkammer durch Sektionen wohl mehr durch den schweren Entschluß, die Fabrikation so einschneidend umzustellen und die Zeit, die hierzu und zur Vorbereitung der Käufer auf die Umstellung erforderlich ist, verzögert als durch Zweifel an den Vorteilen von Sektionalkesseln. Sektionen geben die größte Elastizität und, wenn sie nur in genügend großer Menge hergestellt werden können, alles in allem wohl auch den billigsten Kessel. Ferner lassen sich daraus Kessel bis zu den größten Abmessungen mit wenigen, gleichartigen Lagerteilen ohne umständliche Vorarbeiten herstellen. Auch für Ausfuhrzwecke sind sie vorzüglich geeignet.

Der Leiter einer bedeutenden Kesselfirma, deren genietete Wasserkammern sich des besten Rufes erfreuen, sagte mir, er habe fast nie Klagen über seine Wasserkammern gehört, sich aber trotzdem entschlossen, zu Sektionen überzugehen. Die großen Elektrizitätswerke, die Verständnis für gute Arbeit haben und gute Preise zahlen, zögen Sektionen so sehr vor, daß er sie als Kunden verliere, wenn er diesem Umstand nicht Rechnung trage. Seine Fabrik und die ganze Organisation sei auf gute Arbeit eingestellt und könne daher nicht erfolgreich mit dem Heer kleiner, schlecht aber billig arbeitender Kesselschmieden in Wettbewerb treten, die vorzugsweise für kleine Industrielle liefern. Er erkannte richtig, daß auch in der Technik die Mode eine wesentliche Rolle spielt, und wie wichtig es ist, ihr beizeiten Rechnung zu tragen. Rührt doch der Unterschied im geschäftlichen Erfolg zweier technisch gleichwertiger Firmen nicht selten davon her, daß die eine mit solchen Imponderabilien ähnlich zu arbeiten versteht wie mit den Ergebnissen einer exakten Rechnung, die andre aber nicht.

Abb. 5. Sektionalkessel der Connelly Boiler Co.

Babcock & Wilcox war lange Zeit hindurch die einzige Firma von Ruf, die ihre Kessel mit Sektionen, und zwar mit gepreßten, herstellte. Seit mehreren Jahren verwenden auch andre gute Firmen Sektionen. Einige Fabriken, vor allem die Springfield Boiler Co., machen sie aus Stahlguß oder bei sehr hohen Drücken aus Elektrostahl, der durch geeignete Zuschläge besonders hohen Anforderungen angepaßt werden kann. Stahlgußsektionen werden nach dem Gießen sorgfältig ausgeglüht. Bei genügender Erfahrung und bei Herstellung in einer eigenen Stahlgießerei kann mit 10 vH Ausschuß gerechnet werden. Abb. 6 zeigt, was normaler, richtig behandelter Stahlguß aushält.

Die Sektionen der Springfield Boiler Co. haben auf der Innenseite zwischen den Bohrungen für die Verschlußdeckel Stege, wodurch ohne zu großen Materialaufwand genügende Steifheit erzielt wird. Dies ist deshalb wichtig, weil die Firma 4 Rohren einen gemeinsamen großen, viereckigen Verschlußdeckel gibt, wodurch die Vorderseite der Sektion natürlich geschwächt wird.

Bei einem großen Elektrizitätswerk, das Kessel mit Stahlgußsektionen hat, lobte man sie sehr. Von andrer Seite wurde aber behauptet, daß sich öfters kleine Poren zeigen, die das Elektrizitätswerk selber zuschweißen ließe. Es handle sich hierbei jedoch um geringfügige Arbeiten, so daß die Undichtheiten nicht viel zu sagen hätten, vorausgesetzt, daß sie sich nur selten einstellten.

Eine andre bedeutende Kesselfirma ging von ihrer ursprünglichen Absicht, Stahlguß zu verwenden, schließlich wieder ab, weil sie im Interesse guter Arbeit und gesicherter Lieferung eine eigene Gießerei hätte bauen müssen, die ohne große Erzeugung nicht wirtschaftlich gewesen wäre und beträchtliches Kapital festgelegt hätte. Die Firma preßt daher die Sektionen, und zwar der größeren Billigkeit wegen aus runden Rohren. Die geeignetste Form und das vorteilhafteste Preßverfahren der Sektionen hat die Firma durch Versuche im kleinen mit Stempeln aus Hartholz und Modellrohren aus Blei ermittelt. Eine andre Firma geht wegen des großen Ausschusses gleichfalls von gegossenen zu gepreßten Sektionen über.

Schrägrohrkessel oder Steilrohrkessel?

Fast alle bedeutenden Kesselfirmen bauen neben Schrägrohrkesseln auch Steilrohrkessel. Einige, wie die Heine Boiler Co. und die Edge Moor Iron Co., sind dabei, es zu tun. Zurzeit ist aber der Schrägrohrkessel schon aus dem Grunde stärker verbreitet, weil die bedeutendste amerikanische Kesselfabrik auf die Herstellung von Sektionalkesseln im größten Maß eingestellt ist. Doch nimmt die Verbreitung von Steilrohrkesseln unverkennbar zu. Im übrigen spielt auch hierbei persönliche Liebhaberei mit. In New York und dem östlichen Teil Amerikas scheinen Sektionalkessel, im Westen Steilrohrkessel bevorzugt zu werden, doch sind hierbei keine scharfen Grenzen festzustellen, und es ist kaum anzunehmen, daß Steilrohrkessel in absehbarer Zeit Sektionalkessel in großem Ausmaße verdrängen werden.

Man kann also sagen, daß in Amerika Wasserkammerkessel immer mehr durch Sektionalkessel ersetzt werden und der Steilrohrkessel zunehmende Verbreitung findet.

Abb. 6. Biegeprobe an einer Stahlgußsektion.

Große Steilrohrkessel werden vielfach, besonders bei hlenstaubfeuerungen, als Doppelenderkessel gebaut. Sehr :annt sind die Doppelenderkessel der George T. Ladd Co. River Rouge-Kraftwerk der Ford Motor Co., die Stirling-ssel im Trenton Channel-Werk der Detroit Edison Co., d im Lakeshore-Kraftwerk der Cleveland Electric Illumi-:ing Co.

esselheizfläche in großen Dampfkesselanlagen.

Gegenüber der deutschen Praxis fallen die sehr großen ssel amerikanischer Dampfkraftwerke auf. 1000 bis 2000 m² Heizfläche sind in neuzeitlichen Anlagen etwas Alltägliches, Kessel bis 2500 m² Heizfläche nichts, was besondres Aufsehen erregen würde. Die beiden größten von mir besichtigten Kessel, zugleich die größten der Welt, sind Babcock & Wilcox-Sektionalkessel von 3040 m² Heizfläche für 13,4 at Druck im Cecil-Heizkraftwerk in Pittsburgh. Sie sind 51 Sektionen breit, 20 Rohre hoch, haben Lopulco-Kohlenstaubfeuerungen und keinen Überhitzer. Die Länge der Obertrommeln beträgt 10 300 mm, ihr Durchmesser 1500 mm. Sie sind genietet und haben, was in Amerika sehr selten der Fall zu sein scheint, eine Rundlasche.

Die beliebteste Kesselgröße in großen Elektrizitätswerken hat aber zurzeit 1400 bis 1800 m². Auf die Vorteile so großer Kessel weist bereits mein Buch „Amerikanische und deutsche Großdampfkessel" ausführlich hin. Abgesehen von Ersparnissen an Bedienung bestehen sie in niedrigeren Anlage- und Gebäudekosten, besserer Übersichtlichkeit des Werkes, einfacherer und billigerer Aschenabfuhr, vor allem aber darin, daß die Ausstattung weniger großer Kessel mit vorzüglichen Überwachungsinstrumenten leichter und billiger ist. Hierzu kommt in letzter Zeit noch der weitere Vorteil einer einfacheren, zuverlässigeren und billigeren Ausrüstung mit den hoch entwickelten Einrichtungen für selbsttätige Feuerführung.

Diese großen Kesselheizflächen lassen sich in Schrägrohrkesseln bei erträglicher Feuerraumbreite nur unterbringen, indem man zahlreiche wagerechte Wasserrohrreihen und eine Länge der Wasserrohre von mindestens 6000 mm anwendet. Wasserrohre von Schrägrohrkesseln sind auch bei den höchsten Belastungen 6000 mm lang, wenn sie völlig dem Feuer ausgesetzt sind, und, wie z. B. in Lakeside, bis zu 7500 mm, wenn sie nur etwa zur Hälfte über dem Feuer liegen. Ihr Durchmesser beträgt bei Schrägrohrkesseln 4", bei Steilrohrkesseln 3" bis 3¼". Bei uns hört man immer wieder den Einwand, daß bei so großen Kesseln ein Rohrdurchbrenner gleich einen beträchtlichen Dampfausfall bedingt. Ich habe die Frage mit den verschiedensten Betriebsleuten durchgesprochen, ohne mit diesem Bedenken durchzudringen.

Man hat wohl zugegeben, daß man geteilter Ansicht darüber sein könne, ob eine Steigerung auf 2500 m² und mehr noch lohne. Aber übereinstimmend hat man die Gefahr des plötzlichen, unerwarteten Ausfalls eines großen Kessels äußerst gering eingeschätzt. Selbstverständlich verlange ein großer Kessel sehr sorgsame Wasseraufbereitung, die aber auch aus anderen zwingenden Gründen in einem neuzeitlichen großen Kraftwerk unerläßlich sei und in großen amerikanischen Elektrizitätswerken als etwas ganz Selbstverständliches gelte.

Das Zusatzwasser wird daher fast überall sehr sorgsam aufbereitet. In einem Werke mit brakigem Kühlwasser wurde das Kondensat alle 30 min sorgfältig untersucht, und später soll noch gezeigt werden, wie wichtig sich tadelloses Wasser erwiesen hat. Die von vereinzelten deutschen Ingenieuren erhobene Forderung, ein neuzeitlicher, hochbelasteter Kessel müsse auch mit mangelhaft gereinigtem oder mit stark sodahaltigem Wasser gut arbeiten, stellt drüben kein guter Betrieb. Sie läßt sich auch kaum ernstlich vertreten, und es könnte die gesunde Weiterentwicklung der deutschen Dampfkesselindustrie nur aufhalten, wenn in dieser Beziehung nicht mit überlebten Anschauungen gründlich gebrochen würde. Neuzeitliche Hochleistungskessel sind eben hochwertige Maschinen und werden nur befriedigen, wenn auch die Betriebführung hohen Anforderungen genügt.

Abnahme und Überwachung von Dampfkesseln.

Auch in Amerika gibt es behördliche, mit der Überwachung und Prüfung von Dampfkesseln beauftragte Ingenieure. Sie spielen aber keine große Rolle, weil die meisten Kessel versichert werden, und zwar gegen Explosionsschäden am Kessel selbst und an anderen Teilen der eigenen und fremden Anlagen sowie gegen Schäden an Personen. Die bedeutendste Versicherungsgesellschaft, die Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Co., ist größer als alle übrigen Kessel-Versicherungsgesellschaften zusammen und hat einen ausgezeichneten Ruf. Sie überwacht und versichert auch Dampfmaschinen, Dampfturbinen, elektrische Maschinen und dergl. und hat u. a. eine besondre Abteilung für Schwungräder. Die meisten amerikanischen Kessel sollen versichert sein.

Die Bedeutung der amerikanischen Dampfkessel-Versicherungsgesellschaften zeigen folgende Angaben für das Jahr 1916 aus der Festschrift der Hartford Steam Boiler I. a. I. Co.:

Ausgeführte Besuche	204 863
Zahl der besichtigten Kessel	386 245
Innere Besichtigungen von Kesseln . .	146 971
Festgestellte gefährliche Schäden . . .	19 219
Aktienkapital im Jahr 1924	2 500 000 $

Die Versicherungsdauer beträgt meist 3 Jahre, die Höhe der Prämien richtet sich nach den besonderen Vereinbarungen und wird nach der Größe der Rostfläche in folgenden vier Stufen festgelegt: 75, 150 und 200 Quadratfuß, und Kessel mit größeren Rosten, ohne Rücksicht auf das Rostsystem und darauf, ob ein Kessel mit Unterwind arbeitet oder nicht. Jährlich finden drei Besuche der Inspektoren der Gesellschaft statt. Zwei unangemeldete dienen der äußeren Besichtigung, der dritte, nach vorheriger Benachrichtigung, gilt der inneren Prüfung. Findet der Inspektor einen ernsten Anstand, so kann er die Versicherung mit sofortiger Wirkung kündigen.

Die Inspektoren brauchen eine staatliche Erlaubnis zur Ausübung ihres Berufes, sind aber private Angestellte. Mit Ausnahme weniger Städte hat sich die Praxis herausgebildet, daß der Versicherungsinspektor seinen Bericht der staatlichen Aufsichtsbehörde einsendet, die dann von eigener Überwachung absieht. Nur in gewissen Städten erfolgt die Besichtigung durch beide Instanzen. Ganz allgemein wird aber der Besichtigung durch die Versicherungsgesellschaft erheblich größerer Wert beigemessen, weil sie finanziell an der Sorgfalt und Tüchtigkeit ihrer Beamten interessiert ist. Die Versicherungsgesellschaften sehen sehr auf gutes Einvernehmen ihrer Beamten mit dem Kunden und vermeiden durch sorgsame Pflege des Überwachungsdienstes die Gefahren eines lediglich auf Gewinn gerichteten Betriebes. Da die Beziehungen klar geregelt sind, ist das gute Zusammenarbeiten leicht erklärlich.

Eine der Hauptschwächen aller behördlichen Überwachung ist eben, daß sie an irgendeiner Stelle das Gebiet klar und sachlich festgelegter Beziehungen immer wieder verläßt und einseitige Autorität für sich in Anspruch nimmt. Denn ernstliche Unstimmigkeiten zwischen zwei Stellen entstehen weit weniger durch scharfe, sachliche Meinungsverschiedenheiten, als dadurch, daß beide Stellen mangels klarer Vereinbarungen von verschiedenen Voraussetzungen ausgehen und dadurch aneinander vorbeireden.

Ein wichtiger Zweig der Tätigkeit der Versicherungsgesellschaften ist die Bauüberwachung von Dampfkesseln; diese führen sie aber weniger des Verdienstes wegen aus, als um in enge Berührung mit Herstellern und Käufern von Kesseln zu kommen. Eine Versicherungsgesellschaft beschäftigt z. B. allein hiermit 50 Herren. In derselben Kesselfabrik sind oft gleichzeitig mehrere Beamte tätig. Praktisch scheinen die Verhältnisse so zu liegen, daß fast jeder Kessel während seines Baues überwacht wird, und insbesondere die ganz kleinen Firmen betonen in ihren Anzeigen, daß sie mit jedem Kessel die Baubescheinigung einer der angesehenen Versicherungsgesellschaften liefern.

Bei der ganzen Sachlage wird aber die Überwachung wohl ziemlich weitherzig gehandhabt, da die Grenzen des Erlaubten mit Rücksicht auf Explosionsgefahr sehr weit ge-

steckt sind und da aus naheliegenden Gründen keine Abstufung nach der Güte der Arbeit möglich ist, wenn hierüber, wie wohl in der Regel, nicht vertragliche Vereinbarungen des Kesselfabrikanten mit dem Kunden vorliegen. Die Gesellschaften können die Versicherung eines Kessels ablehnen, wenn er ihnen aus irgendwelchen Gründen mangelhaft scheint. Gründe brauchen sie nicht anzugeben. Nach dem Boiler Code hat der Käufer eines Kessels das Recht, die verwendeten Baustoffe durch eigene Beauftragte daraufhin prüfen zu lassen, ob sie den Vorschriften des Code entsprechen. Tatsächlich sollen sich aber die Versicherungsgesellschaften und die Aufsichtsbehörden fast stets damit begnügen, die Identität der vom Walzwerk untersuchten Bleche festzustellen und zu bescheinigen. Eigene Untersuchungen durch die Kesselfirma oder eine andre Stelle sollen im allgemeinen nur dann erfolgen, wenn ein Blech irgendwelche Bedenken erweckt oder zu einem Schaden geführt hat. Die Kosten für die Bauüberwachung tragen die Kesselfirmen.

Sehr großer Wert wird aber darauf gelegt, daß die chemischen Verunreinigungen der Bleche die durch den Boiler Code vorgeschriebene Grenze nicht überschreiten. Sie beträgt für Bördelbleche und Feuerbleche:

	Bördelblech vH	Feuerblech vH
Kohlenstoff (bis 19 mm Wanddicke)	—	höchstens 0,25
Kohlenstoff (über 19 mm Wanddicke)	—	„ 0,30
Mangan (bis 19 mm Wanddicke)	0,3 bis 0,6	0,3 bis 0,5
Mangan (über 19 mm Wanddicke)	0,3 bis 0,6	0,3 bis 0,6
Phosphor, sauer	höchstens 0,05	höchstens 0,04
„ basisch	„ 0,04	„ 0,035
Schwefel	„ 0,05	„ 0,04

Blechen für Kessel von hohem Druck gibt man oft einen Zusatz von Chrom und Vanadium, um die Unreinigkeiten aus dem Eisen herauszutreiben. Die Stahlblöcke werden vom Boden aus, d. h. nach oben zu, in einer Länge von 1800 mm gegossen. Das oberste Drittel wird als verlorener Kopf weggetrennt und nicht für die Blechherstellung benutzt. (Forts. folgt.) [B 222]

Verkehrs- und Arbeitsbeschleunigung in den Vereinigten Staaten[1]).

Die wirtschaftliche Blüte der Vereinigten Staaten von Amerika erklärt sich in der Hauptsache aus dem großen Nutzen, den sie aus dem Weltkrieg und seinen Folgeerscheinungen haben ziehen können. Während die Leistungsfähigkeit aller europäischen Industrien durch Revolutionen, Streiks, Inflation, Arbeitslosigkeit und politische Wirren im höchsten Grade beeinträchtigt wurde, konnte Amerika seine Industrie ungehemmt entwickeln. Von dem Reichtum an Naturschätzen abgesehen, ist der Grund dieser Entwicklung in der gewaltigen Beschleunigung des Güterumschlages zu finden, erreicht durch Schnelligkeit des Verkehrs und Schnelligkeit der Arbeitsleistung. Abgesehen davon, daß die Eisenbahnzüge in Amerika eine höhere Geschwindigkeit haben als auf dem europäischen Kontinent, ist drüben der Landstraßenverkehr durch den Stand des Kraftwagenbaues und infolge vorzüglicher Verkehrsstraßen wesentlich schneller.

Ebenbürtig dieser Verkehrsbeschleunigung ist die Schnelligkeit des Arbeitens selbst. Die Gründe hierfür sind einerseits in den politischen, sozialen und wirtschaftlichen Verhältnissen der Vereinigten Staaten, anderseits in den ungeheuren Fortschritten der amerikanischen Technik zu suchen. Innerpolitische Fragen sind bei der nationalen Geschlossenheit des amerikanischen Volkes ohne sonderliche Bedeutung und ohne wesentlichen Einfluß auf die Erzeugung. Die Lage der amerikanischen Arbeiterschaft ist recht behaglich. Auf 7,63 Einwohner kommt ein Fernsprecher, auf 7 Einwohner ein Kraftwagen. Rechnet man damit, daß jeder Automobilbesitzer 2 bis 3 Familienmitglieder hat, so kommt man zu der Erkenntnis, daß über die Hälfte aller Einwohner der Vereinigten Staaten im eigenen Auto fährt.

In Deutschland sieht man wie geblendet auf die Riesenerfolge, z. B. der amerikanischen Kraftwagenindustrie. Man tröstet sich damit, daß man auch bei uns zweifellos das gleiche leisten würde, wenn ein ebenso großer Absatz denkbar wäre. Das ist aber offenbar ein Irrtum. In Amerika ist nicht nur in der Autoindustrie, sondern auch in vielen andern Industrien ein gleich hohes Arbeitstempo zu finden. Es muß anerkannt werden, daß Taylor die Grundlagen für das heutige moderne Schaffen gelegt hat. Seine Ideen gewannen in den Vereinigten Staaten eine immer größere Bedeutung, je breiter die Grundlagen für die Massen- oder mindestens Reihenfertigung wurden.

Kennzeichnend ist dabei, daß die Geschwindigkeit des Fördermittels das Zeitmaß angibt, mit dem der Arbeiter sein Pensum erledigen muß. Der Amerikaner nennt diese Arbeitsweise: „progressiv method", während sie in Deutschland wohl am besten als „Fließarbeit" bezeichnet werden kann.

Aber selbst da, wo in Amerika noch individuell gearbeitet, also auf Güte des Erzeugnisses in höherem Maße Wert gelegt wird, sind die hergestellten Waren noch immer billiger als die gleichwertigen in Deutschland, ein Zeichen für die allgemeine Erziehung des amerikanischen Arbeiters zum intensiven Schaffen.

Wie stellen wir uns nun in Deutschland zu diesen Arbeitsverfahren? Leider finden sie bei uns durchaus noch nicht den fruchtbaren Boden, den man auf Grund unsrer Wirtschaftslage eigentlich erwarten müßte. Die Verfahren zur Beschleunigung der Arbeit sind auch bei uns anwendbar, da sie durchaus nicht an reine Massenfertigung gebunden sind, wenn auch ihre Formen bei uns vielfach geändert werden müssen.

Bei Beurteilung der Verhältnisse muß aber auch die politische Lage im Auge behalten werden. Deutschland hatte die wirtschaftliche Blüte vor dem Krieg in erster Linie seiner politischen Machtstellung zu verdanken. Unsre Handelsverträge gaben uns den andern Völkern gegenüber mindestens gleiche Rechte, wenn nicht Überlegenheit. Heute liegen die Verhältnisse in dieser Beziehung denkbar ungünstig. Wir sind noch immer tüchtig, als entwaffnetes Volk aber nicht in der Lage, uns andern Völkern gegenüber durchzusetzen. Wenn wir auch die technischen Fortschritte den Amerikanern nachmachen, sie vielleicht überholen, so fragt es sich doch, ob uns nicht unsre Feinde durch ihren Einfluß auf unsre Wirtschaft die Früchte der Arbeit nehmen. Ungehemmte wirtschaftliche Entfaltung ist erst dann wieder denkbar, wenn wir auch in politischer Beziehung wieder größere Beachtung erreicht haben. [N 458] Stz.

[1]) Auszug aus dem Vortrag von Dipl.-Ing. Paul Schmerse, Nürnberg, in der Fachsitzung „Neuzeitliche Herstellverfahren" der 64. Hauptversammlung des V. d. I. in Augsburg 1925.

Psychologie der Arbeit am Band[2]).

Bei der gegenwärtigen Wirtschaftslage, die zu einer möglichst weitgehenden Anwendung neuzeitlicher Herstellverfahren, insbesondere auch der Bandarbeit in allen Industriezweigen zwingt, erscheint es zweckmäßig, alle Momente in Betracht zu ziehen, denen bei einer derartigen Arbeit Bedeutung zukommt.

Die Einführung von Bandarbeit hängt u. a. auch außerordentlich stark davon ab, wie der Arbeiter psychologisch zu behandeln ist, so daß er sich bei der Arbeit wohl fühlt. Nicht alle Menschen verhalten sich hierbei gleich. Bei einigen findet man ein dauerndes Verlangen nach Abwechslung in der Arbeit vor, während andre sich sehr wohl mit einer dauernd gleichen, mechanischen Tätigkeit abfinden können. Es ist also eine gewisse Auswahl der richtigen Leute zu treffen.

Hat man dann die geeigneten gefunden, so entsteht die Frage, wie man die Arbeit, ohne zu große innere Widerstände bei der Arbeiterschaft zu erregen, soweit wie möglich beschleunigen kann. Hierbei spielt der Arbeitsrhythmus eine große Rolle, und es ist wichtig, die einzelnen Tätigkeiten nach Möglichkeit der rhythmischen Bewegung anzupassen. Zum Erzielen von Höchstleistungen kann aber auch durch Licht-, Klingel- oder sonstige Signale ein künstlicher Rhythmus erzeugt werden. Das Laufzeitmaß des Bandes muß der menschlichen Eigenart unter Berücksichtigung der Ermüdungserscheinungen nach einer gewissen Arbeitzeit usw. angepaßt werden. Der Arbeitsausfall, der auf Grund von körperlichen Bedürfnissen des Arbeiters entsteht, kann entweder durch Ersatzleute ausgeglichen werden oder besser noch dadurch, daß nach Ablauf einer gewissen Zeit regelmäßig das Band stillgelegt wird. Noch eine Reihe weiterer Punkte erfordert eingehendes Studium der Eigenart des Menschen.

In den Vereinigten Staaten von Amerika wird das Problem der Bandarbeit hauptsächlich von der fördertechnischen Seite aus behandelt. Die psychologische Einstellung des deutschen Arbeiters macht es erforderlich, daß bei uns die Arbeiterfrage in den Vordergrund rücken muß. Wenn sie bis in ihre feinsten Verzweigungen hinein berücksichtigt wird, so kann angenommen werden, daß auch bei uns Leistungen erzielt werden, die denen Amerikas zum mindesten ebenbürtig sind. [N 457] Stz.

[2]) Auszug aus dem Vortrag von Prof. Dr.-Ing. E. Sachsenberg, Dresden, in der Fachsitzung „Neuzeitliche Herstellverfahren" der 64. Hauptversammlung des V. d. I. in Augsburg 1925.

Erziehungswesen.

Der technologische Unterricht an der Technischen Hochschule München.

Von C. Prinz, München.

Vortrag in der Fachsitzung „Erziehungswesen" der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Augsburg 1925.

Geschichte und Begriff der Technologie — Ausgestaltung des technologischen Unterrichtes an der Technischen Hochschule München — Hilfsmittel des Unterrichtes — Fragen der praktischen Tätigkeit und des Berechtigungswesens.

Der Deutsche Ausschuß für Technisches Schulwesen hat in dankenswerter Weise die Anregung gegeben, hier über einen wichtigen Zweig in der technischen Ausbildung unsres akademischen Nachwuchses zu sprechen. Die große Bedeutung dieses Zweiges für die technischen Mittelschulen werden die Ausführungen von Direktor Grunewald, Köln[1]), darlegen.

Der Begriff Technologie.

Ganz allgemein wird man die Frage aufwerfen müssen, was unter Technologie zu verstehen ist; hören wir einige der bekanntesten deutschen Technologen darüber. Beckmann[2]), den man als Begründer der Technologie ansehen darf, schreibt 1796 folgendes:

„Technologie ist die Wissenschaft, welche die Verarbeitung der Naturalien oder die Kenntnis der Handwerke lehrt. Anstatt daß in den Werkstätten nur gewiesen wird, wie man zum Verfertigen der Waren die Vorschriften und Gewohnheiten des Meisters befolgen soll, gibt die Technologie in systematischer Ordnung gründliche Anleitung, wie man zu eben diesem Endzwecke, aus wahren Grundsätzen und zuverlässigen Erfahrungen, die Mittel finden und die bei der Verarbeitung vorkommenden Erscheinungen erklären und nützen soll."

Die Bezeichnung Technologie hat Beckmann 1772 eingeführt, „er hat es gewagt, Technologie statt der vorher üblichen Bezeichnung Kunstgeschichte zu gebrauchen .... Kunstgeschichte mag die gründliche Erzählung von der Erfindung, dem Fortgang und den übrigen Schicksalen einer Kunst oder eines Handwerkes heißen; aber viel mehr ist die Technologie, welche alle Arbeiten, ihre Folgen und ihre Gründe vollständig, ordentlich und deutlich erklärt . . ."

„Ein Hauptstück der Technologie ist die richtige Bestimmung der Haupt- und Nebenmaterialien, die ich, wenn ich sie einzeln abhandeln wollte, Materia technologica oder Materialkunde nennen würde. Sie ist ein Teil der Warenkunde, welche noch wenig bearbeitet worden ist und noch viele Lücken hat . . ." sagt Beckmann in der Erläuterung zu seinem Begriff Technologie. Er gibt in § 13 und 14 „natürliche Ordnungen der Handwerke und Künste", die man als eine spezielle Technologie auffassen kann.

Bemerkenswert dürfte die Tatsache sein, daß Beckmann auch heute noch gültige Grundsätze über die Anlage einer Fabrik und über die Entstehung des Preises der Waren gibt, der in späteren Lehrbüchern völlig verschwunden war.

Karmarsch[3]) definiert: „Die Technologie hat zum Gegenstande die systematische Beschreibung und Erklärung derjenigen Verfahrensarten und Hilfsmittel, welche bei der Verarbeitung roher Naturprodukte zu Gegenständen des menschlichen Gebrauches unmittelbare Anwendung finden. Durch die Verarbeitung der Naturprodukte oder durch die fernere Veredlung schon verarbeiteter Gegenstände (Fabrikate) wird entweder bloß deren Form, oder es wird deren Materie verändert. Nach dieser Rücksicht zerfallen die sämtlichen Bearbeitungsmethoden in mechanische und chemische, wodurch zwei Hauptabteilungen der Technologie entstehen: Die mechanische und die chemische Technologie . . ." Die letztere scheide ich im folgenden aus, ich spreche auch nur über den technologischen Unterricht der Maschinen- und Elektroingenieure.

„Die mechanische Technologie erhält den Namen der allgemeinen oder der speziellen Technologie. Die letztere (spezielle) verfolgt der Reihe nach den Gang der Operationen, die zur Hervorbringung eines gewissen Produktes dienen, und bildet dabei ihre Abschnitte nach Urstoffen (Woll-, Seidenfabrikation, Holz-, Metallarbeiten) oder nach Produkten (Tuch-, Blechfabrikation, Drahtzieherei usf.) oder nach den in der Gesellschaft eingeführten Trennungen der Gewerbebetriebe (Schmiede-, Schlosser-, Tischler-, Drechsler-Handwerk usf.)."

„Die allgemeine Technologie (auch vergleichende genannt) betrachtet die Mittel (Verfahrensarten, Werkzeuge, Maschinen) an sich und nicht sowohl in Beziehung zu ihrer Aufeinanderfolge bei einer bestimmten Fabrikation, als im Vergleiche mit anderen Mitteln, welche den nämlichen oder einen ähnlichen Erfolg beabsichtigen . . ." Soweit Karmarsch.

Ledebur[4]) sagt: „Die mechanische Technologie ist die Lehre von der mechanischen Verarbeitung sogenannter Rohstoffe zu Gegenständen des menschlichen Gebrauches." Er verwendet in seinem Lehrbuch die allgemeine und die spezielle Technologie, je nach Zweckmäßigkeit.

Nach Hoyer[5]) versteht man unter „Technologie heutigen Tages die Lehre von den Mitteln und Verfahrensarten zur Umwandlung der rohen Naturprodukte in Gegenstände für den Gebrauch des Menschen . . . Die Technologie läßt sich auch definieren als die Lehre von der Anwendung der Naturgesetze zur Herstellung physischer Gebrauchsgegenstände . . ."

Auch Hoyer unterteilt zunächst in spezielle und allgemeine Technologie, kommt aber über die Eigenschaften der zu verarbeitenden Stoffe zu Untergruppen und spricht von der „Verarbeitung der Metalle und des Holzes" und in drei weiteren Gruppen über die „Verarbeitung der Faserstoffe". Er spricht mit aller Klarheit aus, daß „eine ausreichende Kenntnis der zu verarbeitenden Stoffe und ihrer Eigenschaften die Grundlage für das Verständnis und die Wahl der Fabrikationsmittel und -methoden sein soll. Diese Kenntnis hängt bei den Metallen wesentlich mit ihrer Gewinnung, beim Holze mit dessen innerem Aufbau zusammen . . . Die Mittel, die mit Benutzung der Materialeigenschaften die Umgestaltung vollziehen, sind der Natur der Sache nach entweder aktive oder passive . . ."

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß Ledebur und Hoyer auf den auch heute noch sehr beachtlichen Darlegungen von Exner[6]) gefußt haben, der ein System der vergleichenden mechanischen Technologie schildert und zu der Auffassung kommt, daß „die mechanische Technologie als jene Wissenschaft zu bezeichnen sei, welche im Wege der Vergleichung die Gesetze der mechanischen Umbildung der Rohstoffe in systematischer Aufeinanderfolge ermittelt und darstellt. So aufgefaßt sei die mechanische Technologie unzweifelhaft eine Wissenschaft im strengsten Sinne des Wortes."

Von den neueren Begriffbestimmungen wäre die von Kick[7]) zu erwähnen: „Die mechanische Technologie ist die Wissenschaft der mechanischen und bleibenden Formänderungen der Materialien . . .; denn diese ist es, welche fußend auf den Arbeitseigenschaften der verschiedenen Materialien, die Wirkungsweise der mannigfachen, zur Formänderung geeigneten Hilfsmittel — Werkzeuge, Arbeitsmaschinen — untersucht und klargelegt und die Verfahrensweisen oder Fabrikationsmethoden betrachtet."

---

[1]) s. S. 664 dieses Heftes.

[2]) Beckmann, Anleitung zur Technologie, 4. Aufl., Göttingen 1796, § 12 S. 19 (1. Aufl. 1777).

[3]) Karmarsch, Handbuch der mechanischen Technologie, 1. Bd. 5. Aufl., herausgegeben 1875 von Hartig.

[4]) Ledebur, Die Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege, 1877.

[5]) Hoyer, Lehrbuch der vergleichenden mechanischen Technologie 1878.

[6]) Dinglers Polytechnisches Journal Bd. 214 (1873) S. 410 u. f.

[7]) Kick, Vorlesung über mechanische Technologie, 2. Aufl. 1908.

Bei allen Arbeiten der Technologen älterer Schule findet sich kaum ein Hinweis auf die überragende Wichtigkeit, die der verbrauchten Zeit bei der Durchführung der Verfahren zukommt; das Wesentliche bleibt häufig die Entwicklung der Konstruktion von Maschinen und Werkzeugen oder die bloße Schilderung des Verfahrens. Das hängt, wie ich in einem Vortrage[1]) „Der heutige Stand der Arbeitswissenschaften" im Dezember 1922 dargelegt habe, mit der im deutschen Maschinenbau in den letzten 40 Jahren obenanstehenden Forderung des Kraftsparens zusammen. Dies drückte sich naturgemäß in der Gestaltung des Unterrichtes an den Technischen Hochschulen aus: Die Heranbildung tüchtiger Konstrukteure, ausgestattet mit gründlichem wissenschaftlichem Rüstzeug und ausgezeichneten Kenntnissen in der Prüfung von Maschinen, besonders von Wärme- und Wasserkraftmaschinen, wurde allenthalben als vornehmste Aufgabe gepflegt.

Man übersah — im Gegensatz zu den Amerikanern, bei denen das Zeitsparen obenan stand — vielfach die Bedeutung, die der Herstellung der Maschinen werkstattechnisch und wirtschaftlich gebührte, erkannte weiterhin an den Hochschulen nicht überall den überragenden Einfluß, den die Menschen haben.

Auf diesem Gebiet bahnbrechend aufklärend auch in Deutschland gewirkt zu haben, ist ein unbestrittenes Verdienst Frederic Winslow Taylors, dessen Arbeiten 1903 durch Wallichs einem größeren Kreise deutscher Technologen und Ingenieure zur Kenntnis gebracht worden sind. Dabei muß jedoch hervorgehoben werden, daß kein geringerer als Bach[2]) schon 1901 die Industriellen auf die beiden grundverschiedenen Materialien hingewiesen hat, mit denen sie zu tun hätten: „mit dem toten und dem lebenden. Zu den ersteren zählen die Stoffe, welche zu verarbeiten sind, die Werkstätten mit ihren Einrichtungen, insbesondere mit den Maschinen und Werkzeugen nebst Zubehör. Das lebende Material bilden die Arbeiter einschließlich der Beamten. Die heutige (1900) Ausbildung der Ingenieure . . . legt dagegen nur geringen oder doch ungenügenden Wert auf die Entwicklung der Fähigkeit, das lebende Material richtig zu erkennen, demgemäß zu behandeln und zu beurteilen. In dieser Richtung geschieht meist wenig, zum Teil nichts . . .

[1]) Münchner Neueste Nachrichten 25. März 1923 Nr. 81, Beilage: Fortschritte der Technik.

[2]) Bach, Maschinenelemente, 12. Aufl., Vorworte S. XI.

Der junge Ingenieur lebt in der Regel so, als ob ihn die ganze Arbeiterfrage nichts angehe . . ."

Welche Disziplin vermöchte die Zusammenhänge zwischen Arbeiter und Verfahren besser aufzudecken und zu erfassen, als gerade die mechanische Technologie?

Auf der Hauptversammlung des V. d. I. 1913 in Leipzig sprachen Dodge und Schlesinger[3]) über die große Bedeutung der von Taylor erstmals klar dargestellten „Wissenschaftlichen Betriebführung"; insbesondere lassen die Ausführungen von Dodge erkennen, daß ein gutes Verständnis der menschlichen Natur erforderlich ist, das zu ermitteln m. E. eine besondere Aufgabe der Arbeitswissenschaften ist.

In diesen Wissenschaften wird der mechanischen Technologie eine außerordentlich wichtige Rolle zukommen. Nach dem, was über die Wichtigkeit der Zeit gesagt wurde, wird man heute die mechanische Technologie ansehen als:

„Die Lehre von den Verfahren zur wirtschaftlichen Verarbeitung der Ur- und Rohstoffe in Gegenstände menschlichen Gebrauches und den für diese Verfahren nötigen Maschinen, Geräten und Hilfsmitteln unter besonderer Berücksichtigung der hierzu erforderlichen Menschen und Materialien."

Der Unterricht.

Bei dieser Auffassung entsteht die in Tafel 1 gezeigte Übersicht für den Unterricht, die besonders auf Gegenstände aus Metall zugeschnitten ist, aber ohne Schwierigkeit auch auf andre Stoffe angewandt werden kann; die letzte Spalte enthält die Disziplinen, die in unmittelbarer Berührung mit der Technologie stehen.

Es ist ein hohes Verdienst des V. d. I., den in Leipzig 1913 beschrittenen Weg weitergegangen zu sein und mit dem Verein Deutscher Maschinenbauanstalten, dem Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen, der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure und dem Ausschuß für Wirtschaftliche Fertigung über die Zeitschriften „Technik und Wirtschaft" und „Maschinenbau" (früher „Betrieb") und in Gemeinschaftsarbeit forschend und aufklärend erfolgreich gewirkt zu haben. Dabei darf jedoch die von Schlesinger in seiner seit 1907 herausgegebenen „Werkstattstechnik" geleistete Pionierarbeit nicht übersehen werden.

[3]) „Technik und Wirtschaft", Bd. 6 (1913) S. 501, 525 u. f.

Zahlentafel 1. Inhaltsübersicht des Unterrichtes über mechanische Technologie (6 Stunden)

Begriffsbestimmung: Mechanische Technologie ist die Lehre von den Verfahren zur wirtschaftlichen Verarbeitung der Ur- für die Verfahren nötigen Maschinengeräten und Hilfsmitteln unter besonderer Berücksichtigung der hierfür erforderlichen

Gegenstand

Ausgang von den Urstoffen (Erz, Zuschlag, Brennstoff, Sauerstoff) über entsprechende Verfahren zur Gewinnung der Rohstoffe (z. B. Eisen usw.)

Eigenschaften der Stoffe nach der

a) mechanischen	b) technologischen	c) physikalischen	d) chemischen Seite	e) nach dem Preis
Festigkeit Elastizität Härte usw.	Zerspanungsmöglichkeit Schmiedbarkeit Preßbarkeit Gießbarkeit usw.	spezif. Gewicht Gefügeaufbau spezif. Wärme Leitfähigkeit usw.	Zusammensetzung Säurebeständigkeit Rosten usw.	Statistik

Umarbeitung der Rohstoffe, ausgehend von Entwurf oder Muster, durch wirtschaftliche Verfahren je nach Material und Erzeugnis in Halbfabrikate in:

Gießerei	Schmiede	Walzwerk	Härterei	Stanzerei usw.
Modellfertigung gewöhnliche Formen Spritzguß Schmelzbetrieb usw.	Freiform Gesenk Warmpressen	Zieherei	allgem. Werkstoffvergütung Werkzeughärtung	Schnitte

Bearbeitung der Halbfabrikate, Überführung in Fertigerzeugnis (Einzelerzeugnis, Maschine, Bauwerk usw.) mit entsprechenden Maschinen, Vorrichtungen und Werkzeugen; Berücksichtigung der Frage, ob Einzel- oder Massenfabrikat.

Die zu den Verfahren nötigen Werkzeuge und Vorrichtungen, soweit nicht schon bei den Verfahren selbst behandelt, beruhend auf
- zerspanender und spanloser Formgebung (aktive Werkzeuge)
- Sicherung der vorgeschriebenen Maßhaltigkeit und Genauigkeit durch Einspann- und Meßwerkzeuge, Lehren (passive Werkzeuge).

Ich betrachte die einzelnen Zweige der Technologie so, wie ich sie seit 1913 an der Technischen Hochschule München vertrete:

Das Hüttenwesen handelt von der Überführung der Urstoffe mit bewährten Verfahren (Hochofen usf.) zu Rohstoffen (z. B. Eisen in den verschiedensten Arten). Es genügt nicht, die chemischen Vorgänge allein zu besprechen, für viel wichtiger halte ich, für die werdenden Maschinen- und Elektroingenieure ein genaues Bild über die Verfahren an sich, in einem Zug gewonnene Mengen, Betriebstörungen, preisbildende Faktoren, Standortfragen und dergl. zu erhalten und Entwicklungsmöglichkeiten der deutschen Eisen- und Hüttenindustrie aufzuzeigen. Dabei werden die Schwierigkeiten hervorgehoben, die in der Entwicklung vom Reagenzglas des Chemikers zum großen Apparat der Hüttenindustrie liegen und wie beide — Glas und Apparat — doch dauernd verbunden sind.

Die für die weitere Verarbeitung der Rohstoffe maßgebenden Eigenschaften lehr die Materialkunde, sie zeigt aber auch — in der Materialprüfungsanstalt —, nach welch verschiedenen Richtungen die Materialprüfung arbeiten muß. Auf die Wichtigkeit der Metallographie wird gebührend hingewiesen.

Die Herstellverfahren umfassen alle Arbeitsvorgänge, die der Umformung des Rohstoffes in fertige Erzeugnisse jeglicher Art dienen, insbesondere auf die Bedürfnisse des Maschinenbaues und der Elektrotechnik zugeschnitten. Ihre Natur bringt es mit sich, daß — ungleich mehr als beim Konstruieren — praktische Erfahrung bei Lehrern und Lernenden vorausgesetzt werden muß. Ihrer wissenschaftlichen Erfassung stand lange und steht auch heute in Deutschland noch vielfach das sogenannte „Fabrikgeheimnis" hinderlich entgegen, mit dem sich auch führende Werke des Maschinenbaues umgaben. Die Zeitschriften „Werkstattstechnik" und „Maschinenbau", die ausgezeichnete Ausstellung des DATSCH, die prächtige Wanderausstellung der ADB lehren uns, daß die „Geheimniszeit" fast als überwunden gelten kann. Wer bewundert nicht die äußerst wertvollen Lehrgänge und Tafeln des DATSCH, die ich mit sehr großem Erfolg auch im technologischen Unterricht der Technischen Hochschule München benutze. Sie konnten nur durch weitestgehende Unterstützung führender Großfirmen (MAN, Borsig usw.) entstehen.

Vorlesung, 2 Stunden Übungen im Winterhalbjahr).
und Rohstoffe in Gegenstände menschlichen Gebrauches und den Menschen und Materialien.

Lehrgebiet	Steht in Berührung mit
Hüttenwesen	Chemie chemischer Technologie
Material- (Stoff-) kunde einschl. Materialprüfung	Festigkeitslehre Physik Chemie einschl. Metallographie Selbstkostenwesen (Fabrikorganisation u. -betrieb)
Herstellverfahren mit Übungen (2 Std.) theoretische Durchführung der Zeitstudie mit weitestgehender Unterteilung (vergl. Refa-Arbeiten)	Konstruktionslehre der Maschinenteile sowie aller Kraft- u. Arbeitsmaschinen Werkzeugmaschinen Fabrikanlagen Fabrikorganisation und -betrieb Arbeitspsychologie Unfallverhütung
Werkzeugkunde	Herstellverfahren Werkzeugmaschinen Fabrikanlagen Unfallverhütung

Schier unerschöpflich scheinen die Verfahren, die dem vielverzweigten Maschinenbau im weitesten Sinne des Wortes zur Verfügung stehen. Es würde bei dem Riesenumfang des Gebietes den Rahmen des Vortrages wesentlich überschreiten, wollte ich auf einzelne Verfahren der Gießereien, Schmieden, der Metallverarbeitung eingehen; der in Tafel 2 skizzierte Lauf eines Groß-Maschinenteiles (Gaszylinder) vom Entwurf bis zum fertigen Erzeugnis läßt ja die Mannigfaltigkeit der Einzelverfahren ersehen. Ähnliches würde sich beim Schmieden, Walzen, Ziehen, Stanzen usf. ergeben.

Für die Behandlung des Stoffes scheint mir zweierlei sehr wesentlich zu sein:

1. Das jeder Betriebsabteilung (Gießerei, Schmiede usw.) Gemeinsame ist zusammengefaßt voranzustellen und nur an Einzelbeispielen zu erörtern.
2. Die grundsätzliche Forderung nach wirtschaftlichen Verfahren, unter denen ich jene verstehe, die das Umformen vom Rohstoff zum Fertigerzeugnis mit dem zurzeit geringsten Aufwand an geistigen und materiellen Kräften ermöglichen, und zwar geistige Kräfte, eingesetzt durch Arbeiter aller Art, ihr Aufwand sich im Zeitverbrauch äußernd, materielle Kräfte, den Werkstoffaufwand einschließlich Hilfsstoffen und Betriebsmitteln bedeutend. Die laufenden Vergleiche einzelner Verfahren und Betriebe auf Wettbewerbfähigkeit sichern das Überprüfen des gesamten wirtschaftlichen Wirkungsgrades eines Verfahrens; an diesem Wirkungsgrade sind verantwortlich beteiligt:
   a) Entwurf und Gestaltung in doppelter Form, weil Strichemachen für die Entwürfe an sich Geld kostet und zu viele Gestaltungsstriche oft verwickelte Konstruktionen entstehen lassen, die hohe Werkstoff- und Lohnkosten erfordern;
   b) die herstellenden Werkstätten (Gewichte, zeitsparende Einrichtungen, Beseitigung toter Zeiten usf.).

Nur durch besondere Übungen wird vornehmlich dem Punkt b) Rechnung getragen werden können. Durch Zerlegen der Verfahren in ihre Einzelteile — oft in ihre kleinsten Elemente — und ihre zeitliche Erfassung werden Sinn und Verständnis für überflüssige Gestaltungsstriche, Arbeitsgänge und Arbeitsgriffe geweckt und ihre Beseitigung angeregt. Unerläßliche Voraussetzung ist praktische Tätigkeit vor dem Studium, auf die am Schlusse noch zurückzukommen sein wird.

Nur auf diesem Wege kann die mechanische Technologie dem Konstruktionsunterricht nutzbringend sein, ihr Handinhandarbeiten mit dem Unterricht im Entwerfen von Maschinenteilen halte ich für dringend erforderlich. Sie wird auf diesem Weg auch wesentlich zur Förderung betriebswirtschaftlicher Kenntnisse und Neigungen der Maschinenbaustudierenden beitragen und auch für die junge wirtschaftswissenschaftliche Abteilung der T. H. München vorteilhaft wirken können. Ferner kann nur in dieser Weise die richtige Gruppierung der Einzelarbeitsgänge für die fließende Arbeit (Band, Kette) bei der Massenfertigung größten Stiles zustandekommen.

Wer von den Studierenden diese Zusammenhänge erfaßt hat, wird den Fragen der Normung, Spezialisierung, Typisierung das nötige Verständnis entgegenbringen.

Freilich müssen die Studierenden das Sehen und Hören lernen, wie es die spätere Praxis fordert: Für den Betrieb der Kraft- und Arbeitsmaschinen aller Art sorgen die bereits bestehenden Maschinenlaboratorien; mit der Erfassung einzelner Vorgänge an Werkzeugmaschinen in zeitlicher Hinsicht hoffe ich in zwei Jahren — nach Fertigstellung des neuen Nordflügels unsrer Hochschule — beginnen zu können. Ich halte das Studium dieser Vorgänge und ihre Erfassung, z. B. für einen Konstrukteur von Vorrichtungen, Werkzeugen, Werkzeugmaschinen genau so wichtig wie das der Kräfte, die z. B. beim Zerspanen auftreten; ich darf, was letzteres anlangt, auf die Arbeiten von Schlesinger, Hippler und andern hinweisen, auch auf die Ausführungen von Schwerd bei der letzten Leipziger Tagung der ADB.

Zahlentafel 2.

Lauf eines großen Maschinenteiles (Gaszylinder) vom Entwurf zum fertigen Erzeugnis

Werkstätten	Lauf	Prüfung auf
	Entwurf (Konstruktionsbüro)	Richtigkeit
Gießerei	Modell und Schablone	Maßhaltigkeit und Bearbeitungszugaben
	Form	Richtige Herstellung der Form
	Rohguß	Gewicht, Fehlstellen Werkstoffgüte: a) Festigkeit b) Zusammensetzung
Mechanische Werkstätte a) Maschinenarbeit	Anzeichnen	Maßhaltigkeit
	Ausbohren auf Wagerecht-Bohrwerk	Genauigkeit
	Hobeln (oder Fräsen) auf Tischhobelmaschine oder Fräswerk	„
	Ausdrehen der Ventil-Einlässe usf. auf Fräswerk	„
	Lochbohren der Stiftschraubenlöcher (mit Schablonen) einschl. Gewindeschneiden auf Radialbohrmaschine	genauen Schraubensitz und Gewinde
b) Handarbeit (Schlosser)	Reinigen des Zylinders von allen Spänen, Oel usf. Einziehen aller Schrauben, Aufsetzen der Muttern usw. Wasserdruckprobe	Dichtheit, Fehlstellen, und Maßhaltigkeit des ganzen Erzeugnisses (wichtig: Anschlußstellen wegen austauschbarer Arbeit)
	Einbau in Maschine	

Mit den erforderlichen Bearbeitungszeiten läßt sich bei gegebener Jahresleistung an Zylindern die Zahl der erforderlichen Menschen, Maschinen und Arbeitsplätze berechnen.

Hier kann die Industrie den Unterricht weitestgehend fördern durch Überlassung von Unterlagen, wie es z. B. die Bingwerke, Nürnberg, durch Überlassung der Einzelarbeitsgänge eines Spielzeuges mit den dazu gebrauchten Ausgangstoffen und Einzelzeiten an die technologische Sammlung der T. H. München getan haben, wie sie die MAN, Nürnberg, in Form von Skizzen und Photographien von einzelnen Stufen der Arbeitsgänge (z. B. aus der Gießerei) übermittelte und Dick, Eßlingen, für die Feilenherstellung schenkte.

Die Werkzeugkunde endlich bringt uns die Lehre von den für das Herstellverfahren erforderlichen Werkzeugen und Vorrichtungen, letztere nur insoweit, als sie nicht schon bei den Herstellverfahren unmittelbar behandelt werden. Das Werkzeug — aktives und passives — soll dem Verfahren angepaßt sein, häufig genug aber drückt das nun einmal vorhandene Werkzeug dem Verfahren seinen Stempel auf.

Die äußere Form des gewollten Erzeugnisses kann durch Zerspanung hergestellt werden oder die spanlose Formgebung wird verwendet (Spritzguß, Warmpressen, Ziehen, Tiefziehen usf.), deren Werkzeuge von vornherein eine gewollte Maßhaltigkeit innerhalb gewisser Grenzen zu geben vermögen. Gewährleistung genauester, austauschbarer Arbeit ist häufig eine Forderung der Massenfertigung. Grundsätzlich wird diese durch oft nur auf den jeweils vorliegenden Fall zugeschnittene Lehren und Meßwerkzeuge aller Art gesichert, deren zulässige Genauigkeitsgrenzen durch Passungen festgelegt sind.

Auch hier muß man, um den Lehrstoff zusammenzudrängen, die größte Zahl der Werkzeuge — besonders der handelsüblichen — als bekannt voraussetzen, nicht minder die gebräuchlichsten Werkzeugmaschinen, wie Drehbank, Bohrmaschine, Hobelmaschine, wenigstens soweit ihre Arbeitsweisen in Betracht kommen.

Wo Zerspanung in Frage kommt, wird die Zeitermittlung für die Übungen in Anlehnung an die vom Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung (Refa) herausgegebenen Richtlinien vor sich gehen können, die erforderlichen Unterlagen, wie übliche Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten, werden den Studierenden zur Verfügung gestellt; bei spanloser Formgebung wird geschätzt, wobei es m. E. weniger auf völlig richtige Zeiten als auf weitestgehende Zerlegung der Arbeit in Einzelarbeiten ankommt.

Auch bei Werkzeugen und Vorrichtungen kann die einschlägige Industrie noch wesentlich zur Förderung des Unterrichts tun, besonders durch Überlassung abgenützter Werkzeuge (mit Angabe der Betriebstundenzahlen) und solcher Werkzeuge, die z. B. wegen Werkstoffehler, geringer Schönheitsfehler, Härtfehler Ausschuß geworden sind. Gerade an solchen Gegenständen vermag der Studierende — bei entsprechenden Erläuterungen — sehr viel zu lernen, die Industrie braucht nicht zu befürchten, daß sie dadurch ihr Ansehen verschlechtert; ich kenne kein Unternehmen, das etwa ohne Ausschuß irgendeines seiner Erzeugnisse arbeitet. Gilt doch ganz allgemein der früher bei den Formern in Nürnberg übliche Spruch:

„Ausschuß und Gottes Wort währen ewiglich."

Die Werkzeugmaschinen als Ganzes in die mechanische Technologie nehmen zu wollen, würde sich schon im Hinblick auf den Riesenumfang auch dieses Fachgebietes verbieten; immerhin muß jedoch das Verständnis für den Wert der zeitlichen Leistung dieser Maschinen soweit gefördert werden, daß sich die Studierenden über den Zeitaufwand für die Herstellung eines Teiles oder für die Erledigung einer Teilarbeit ein Bild machen können. Zahlenbeispiele [1]) aus der geschichtlichen Entwicklung der Fertigung werden viel nützen können: auf Taylor-White-Stahl, Revolverbank, Automat, Rüttelformmaschine usw., darf hier kurz verwiesen werden.

Vergleichende Rechnungen zur Ermittlung des günstigsten Verfahrens erfordern schon ein

[1]) Prinz, Einfluß der Verbesserung des Materiales und der Herstellverfahren auf den Fabrikbetrieb, Z. 1910 Bd. 54 S. 457.

tieferes Eindringen in die technologischen Fragen, als es von der Mehrzahl der Studierenden verlangt werden kann. Als Beispiel erwähne ich den Vergleich Preßarbeit-Halbautomat zu Ganzautomat mit Herstellung aus dem Vollen in Richtung Werkstoffverbrauch und Lohnkosten. Sachsenberg[1]) bringt ebenfalls solche Beispiele, aber ohne Zahlenangaben. Allerdings ist zuzugeben, daß die ziffernmäßige Erfassung solcher Vergleiche schon mehr in das Gebiet der Selbstkostenrechnung gehört. Die verarbeitende Industrie könnte auch hier den technologischen Unterricht durch Überlassung entsprechender Unterlagen wesentlich fördern.

In den vorstehenden Darlegungen über den Inhalt der mechanischen Technologie, deren riesenhafter Umfang von dem Lehrenden weise Beschränkung auf das Wesentliche gebieterisch fordert, damit er mit der ihm zur Verfügung stehenden Zeit auskommt und für seine eigene Arbeit einen günstigsten Zeitwirkungsgrad herauswirtschaftet, sind teilweise schon die

Hilfsmittel des Unterrichtes

gestreift worden.

Voraussetzung für den Lehrerfolg nicht nur in der Technologie, sondern für die Ausbildung zum brauchbaren Ingenieur überhaupt ist die praktische Tätigkeit, deren Mindestausmaß an allen Hochschulen auf 1 Jahr festgesetzt ist. Es fehlt nicht an Bestrebungen, diese Zeit zu verlängern, bevor aber unsre ganze Industrie diese Forderung erhebt, möge sie sich der Verantwortung bewußt bleiben, die sie zu tragen hat, wenn die Ausnutzung schon des bisherigen Jahres im Sinne der Ausbildung unzulänglich ist.

Solange es nicht die ganze Industrie als Ehrenpflicht betrachtet, ihrer eigenen Forderung nach praktischer Tätigkeit die Gegenleistung einer guten Ausbildung gegenüberzustellen, solange der Praktikant als Fremdkörper im Betrieb empfunden wird, solange werden die Klagen über den Wirkungsgrad des praktischen Jahres nicht verstummen! Man sage nicht, die Schuld liege an dem Praktikanten: diese müssen bei Zulassung zu den Prüfungen Zeugnisse über ihre Praxis vorlegen. Tun sie nun während dieser Zeit nicht ihre Pflicht, so erhalten sie eben keine Zeugnisse und werden dann nicht zur Prüfung zugelassen.

Neuerdings erhebt Schlesinger auf Grund seiner amerikanischen Eindrücke die Forderung auf Wechsel zwischen Studium und praktischer Tätigkeit; dieser Wechsel scheint mir bei der jetzigen Regelung in Deutschland durchaus geboten, vorausgesetzt, daß die verschiedentlich vorhandene schlechte Meinung über den Wert der Ferienpraxis verschwindet. Wir haben ja folgende Einteilung: ½ Jahr Praxis vor Bezug der Hochschule, Wintersemester, Osterferienpraxis (mindestens 4 Wochen), Sommersemester, 3 Monate Praxis, Wintersemester usf.

Freilich muß von der Industrie den Technischen Hochschulen die entsprechende Zahl von Praktikantenstellen zur Verfügung gehalten werden, damit ein studentisches Praktikanten-Vermittlungsamt, wie es in München 1922 in Anlehnung an den Lehrstuhl für mechanische Technologie und mit Unterstützung des Verbandes bayrischer Metallindustrieller geschaffen worden ist, auch erfolgreich wirken kann.

Einem guten Lehrerfolg hinderlich sind die großen Massen an Studierenden, die auf Grund von Berechtigungszeugnissen der Mittelschulen ohne weiteres studieren können. Ich erblicke im deutschen Berechtigungswesen das Haupthindernis für einen Unterrichtsbetrieb besten Wirkungsgrades. Nach meiner Überzeugung sollte nicht die Mittelschule in X-hausen die Entscheidung für die Zulassung an die Technische Hochschule fällen, sondern diese selbst stellt auf Grund einer Aufnahmeprüfung — wie beim Übergang von der Volks- zur Mittelschule — fest, wer aufgenommen werden kann. Ich bin sicher, daß damit auch eine Verbesserung des Wirkungsgrades unsrer Mittelschulen verbunden wäre, denn jeder Rektor einer solchen Anstalt würde bestrebt sein, die Zahl der Zurückgewiesenen seiner Schule niedrig zu halten.

[1]) Sachsenberg, Mechanische Technologie der Metalle, 1924 S. 207 u. f.

Für die Hochschulen wäre eine solche Aufnahmeprüfung freilich zunächst eine Belastung; aber ist die Belastung, eine erhebliche Zahl ungeeigneter Studierender durch Übungen, Prüfungen usf. hindurchschleppen zu müssen, nicht ungleich größer?

Die Lernfreiheit zu beschneiden, wie das Schlesinger in Leipzig bei der diesjährigen Tagung des ADB vorgeschlagen hat, hielte ich für das sicherste Mittel, um unselbständige Ingenieure heranzubilden. Drill und Zwang — selbstverständlich mit Vernunft — dorthin, wo sie hingehören: in die Mittelschule. Wer als Studierender einer Technischen Hochschule noch nicht weiß, daß er nicht für Prüfungen, sondern für das Leben arbeitet, kann auch durch Zwang nicht zur Erkenntnis gebracht werden. Und letzten Endes darf nicht übersehen werden, daß wir an den Technischen Hochschulen die Bewegungsfreiheit unsrer Studierenden leider so stark einengen mußten, daß das Dargebotene nur schwer verdaut werden kann.

Lieber etwas weniger, das Wenige aber gründlich!

Natürlich wird sich der Unterricht auf einen reichen Anschauungsstoff aus der Industrie stützen müssen: Zeichnungen von Werkzeugen, Vorrichtungen, Arbeitsgängen, Lichtbilder, die nur dauernd wirken, wenn der Studierende einen Abzug des Bildes erhält, Filme aus ganzen Anlagen und von Einzelarbeitsgängen, Arbeitsbeispiele in verschiedenen Stufen (z. B. Werdegang eines kleinen, gezogenen Bechers, von Stiftschrauben usf.); Besichtigungen in Betrieben am Ort und auswärts bringen zwar wenig Erfolg in bezug auf Einzelheiten, vermitteln aber eine Fülle von Bildern über die Gesamtanlage. In diesem Zusammenhange möchte ich auf den großen Nutzen hinweisen, den ich mir von dem alljährlichen von Aumund angeregten Besuch der Leipziger technischen Frühjahrsmesse verspreche.

Wir sind in München, was Besichtigungen in industriellen Betrieben anlangt, vielleicht nicht ganz so gut daran wie z. B. Berlin, aber doch insofern in einer glücklichen Lage, als das Deutsche Museum, dessen Eröffnung wir dank der Tatkraft Oskar v. Millers soeben vollzogen haben, eine Fundgrube für technologisches Wissen darstellt; das Museum bringt uns aber darüber hinaus die geschichtliche Entwicklung wichtiger Zweige der Technologie und vermittelt uns die Namen und Taten von Erfindern und führenden Männern aller Zeiten.

Betrachtet man rückschauend nochmals den Gesamtinhalt des technologischen Unterrichtes, so wird man wohl ein festes Gerippe des Ganzen erkennen, aber von einem vollkommenen Aufbau wie etwa in Mathematik oder Mechanik kann man nicht sprechen. Man darf, ohne der Wichtigkeit des Gebietes Abbruch zu tun, die Frage aufwerfen, ob diese Vollkommenheit überhaupt zweckmäßig und nötig sei. Bei ruhiger Überlegung wird man diese Frage verneinen können angesichts der Tatsache, daß wohl kaum ein Lehrfach des technischen Unterrichtes — vielleicht von der Elektrotechnik abgesehen — so fortwährenden Änderungen unterliegt wie die Technologie: Ein heute noch gutes Verfahren und Werkzeug kann in kurzer Zeit veraltet sein.

Unerläßliche Voraussetzung für einen guten, der technischen Entwicklung folgenden technologischen Unterricht ist m. E. außer den bereits gebrachten Punkten die ständige Fühlung des Technologen mit den einschlägigen Betrieben der Industrie, um deren Anforderungen dauernd zu kennen; das Verfolgen der Literatur halte ich für selbstverständlich.

Arbeiten wir an den Hochschulen mit Berücksichtigung dieser Tatsache, dann wird der technologische Unterricht ohne zu weitgehende Aufstellung von Gesetzmäßigkeiten auch dem Ziele gerecht werden, unsern akademischen Nachwuchs mit der Wichtigkeit aller Arbeit vertraut zu machen, zum Wohle der Industrie und der in ihr zusammengeschlossenen Menschen. [B 400]

Der Technologieunterricht an technischen Lehranstalten.

Von Oberstudiendirektor Prof. Grunewald, Köln.

Vortrag in der Fachsitzung „Erziehungswesen" der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Augsburg 1925.

Stellung der technischen Lehranstalten zur Entwicklung der Maschinentechnik namentlich in betriebstechnischer Hinsicht — Der Unterricht ist der wirtschaftlichen Fertigung anzupassen — Ergebnis der Anfragen bei den technischen Lehranstalten über den Aufbau des technologischen Unterrichtes und über die praktische Vorbildung der Schüler — Der heutige Stand des technologischen Unterrichtes an den Kölner vereinigten Maschinenbauschulen - Unterrichtsstoff — Sonderfachschulen für Technologie und andre Fächer und deren Bedeutung für den Maschinenbau — Notwendigkeit der Weiterbildung der Absolventen nach dem Schulbesuch in den Fortbildungskursen des technisch-wissenschaftlichen Vortragswesens. (TWV).

Aufgaben.

Die gewaltige Entwicklung der Maschinentechnik in den letzten Jahren ist nicht nur gekennzeichnet durch neue Konstruktionen der einzelnen Kraft- oder Arbeitsmaschinen, sondern in weit höherem Maße durch die vollständige Umstellung und Neueinrichtung der Organisation in den Werkstätten. Diese Richtung ist durch das Wort: wirtschaftliche Fertigung gekennzeichnet. Damit gleichlaufend erhoben sich die Forderungen nach rationeller Wärme- und Werkstoffwirtschaft.

Ist nun die technische Schule, die in erster Linie dazu berufen ist, einen tüchtigen Nachwuchs heranzubilden, noch in der Lage, diese Aufgabe zu erfüllen? Ist es für den technischen Lehrer noch möglich, den vermehrten Lehrstoff für die Schule zu verarbeiten, auch wenn die selbstverständliche Forderung aufgestellt wird, daß die einzelnen Lehrkräfte nur ihr Sondergebiet im lehrplanmäßigen Unterricht vertreten?

Schon vor drei Jahren hat der inzwischen verstorbene hervorragende Schulfachmann Ministerialrat Götte seine Stimme warnend erhoben und in Übereinstimmung mit dem Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen nachgewiesen, daß durch die Einrichtung von Sonderfachschulen für die Maschinenindustrie die Schwierigkeiten für den Lehrplan, die durch die sich stetig entwickelnde Technik entstehen, nicht behoben

Zahlentafel 1. Aufbau des technologischen Unterrichts.
Ergebnis der Anfrage bei 33 Schulen mit 5 bezw. 6 semestrigem Aufbau. Aufnahmebedingung: Obersekundareife oder Aufnahmeprüfung und 2 bezw. 1 Jahr praktische Tätigkeit.

	Gesamt-Wochenstundenzahl					
Technologische Fächer ausschließl. Wärmewirtschaft	unter 10 bei 4 Anstalt.	10 bis 15 bei 5 Anstalt.	16 bis 20 bei 5 Anstalt.	21 bis 25 bei 15 Anstalt.	26 bis 29 bei 4 Anstalt.	
Fabrikation, Kalkulation, Betriebslehre und Vorrichtungsbau	2 bei 6 Anstalt.	3 bei 4 Anstalt.	4 bis 5 bei 6 Anstalt.	6 bis 8 bei 8 Anstalt.	9 bis 12 bei 3 Anstalt.	unbestimmt bei 6 Anstalt.
Übungen in Stoffprüfung	keine bei 10 Anstalt.	1 bis 4 bei 15 Anstalt.	unbestimmt bei 8 Anstalt.			
Übungen in Werkzeugmaschinen einschl. Konstruktionsübungen	keine bei 3 Anstalt.	2 bis 7 bei 11 Anstalt.	unbestimmt bei 19 Anstalt.			

Zahlentafel 2. Aufbau des technologischen Unterrichts.
Ergebnis der Anfrage bei 13 Schulen mit 4 semestrigem Aufbau[1]). Aufnahmebedingung: Volksschulbildung und 4 bezw. 3 Jahre praktische Tätigkeit.

	Gesamt-Wochenstundenzahl							
Technologische Fächer ausschließl. Wärmewirtschaft	18 bei 1 Anstalt	19 bei 2 Anstalten	20 bei 4 Anstalten	21 bei 1 Anstalt	23 bei 2 Anstalten	26 bei 1 Anstalt	27 bei 1 Anstalt	44 bei 1 Anstalt[2])
Fabrikation, Kalkulation, Betriebslehre und Vorrichtungsbau	2 bei 2 Anstalten	3 bei 5 Anstalten	4 bei 2 Anstalten	6 bei 2 Anstalten	9 bei 1 Anstalt	12 bei 1 Anstalt[2])		
Übungen in Stoffprüfung	1 bei 5 Anstalten	2 bei 2 Anstalten	4 bei 1 Anstalt	unbestimmt bei 4 Anstalt.				
Übungen in Werkzeugmaschinen einschl. Konstruktionsübungen	1 bei 1 Anstalt	2 bei 2 Anstalten	3 bei 2 Anstalten	4 bei 4 Anstalten	unbestimmt bei 4 Anstalt.			

[1]) Davon 10 staatliche, 2 städtische und 1 private Schule. [2]) Maschinenbau- und Betriebsfachschule.

Zahlentafel 3. Praktische Tätigkeit der Schüler.
Ergebnis der Anfrage bei 22 Schulen mit 5- bezw. 6- semestrigem Aufbau. Aufnahmebedingung: Obersekundareife oder Aufnahmeprüfung und 2 bezw. 1 Jahr praktische Tätigkeit.

	Gesamtzahl der untersuchten Schüler	Davon haben Obersekundareife vH	Durchschnittsalter	Durchschnittsdauer der Praxis	Es haben gearbeitet: als Praktikant vH	als Lehrling vH	als Arbeiter vH	in der Modellschreinerei vH	in der Gießerei vH	in der Schmiede vH	in der Schlosserei vH	in der mechan. Werkstatt vH
14 staatl. Schulen	1223	990 81	20 Jahre 10 Mon.	3 J. 6 Mon.	758 62	449 37	16 1,3	552 45	634 51	823 67	1089 89	1060 86
3 städtischen „	549	353 64,5	20 „ 9 „	3 J.	290 53	253 46	6 1,1	99 18	138 25	249 45	437 79	307 56
5 privaten „	457	225 49	20 „ 8 „	3 J. 6 Mon.	157 35	296 64	4 0,8	63 14	107 23	286 63	426 93	384 84
	2229	1568 70	20 Jahre 9 Mon.	3 J. 4 Mon.	1205 54	998 45	26 1,2	714 32	879 39	1358 61	1952 88	1751 79

Zahlentafel 4. Praktische Tätigkeit der Schüler.
Ergebnis der Anfrage bei 12 Schulen mit 4 semestrigem Aufbau[1]). Aufnahmebedingung: Volksschulbildung und 4 bzw. 3 Jahre praktische Tätigkeit.

Gesamtzahl der untersuchten Schüler	Davon haben Obersekundareife		Durchschnittsalter	Durchschnittsdauer der Praxis	Es haben gearbeitet															
					als Praktikant		als Lehrling		als Arbeiter		in der Modellschreinerei		in der Gießerei		in der Schmiede		in der Schlosserei		in der mechan. Werkstatt	
		vH				vH		vH		vH		vH		vH		vH		vH		vH
913	44	4,8	21 Jahre 4 Monate	5 Jahre 2 Monate	82	9	827	91	4	0,4	54	6	127	14	371	41	857	94	508	56

[1]) 10 staatliche, 1 städtische, 1 private Schule.

werden können. Es kann nicht genügend betont werden, daß die erste und vornehmste Aufgabe der Maschinenbauschule darin besteht, den jungen Leuten nach einer gediegenen Werkstattpraxis

grundlegende maschinentechnische Kenntnisse

zu vermitteln, die sie instand setzen, sich nach erfolgreichem Besuch der Schule in den außerordentlich verschiedenen Arbeitsgebieten, in die sie häufig der Zufall später führt, einzuarbeiten. Weichen wir von dem Wege zu diesem Ziel auch nur etwas ab, so wird eine gute technische Ausbildung in der schwersten Weise gefährdet.

Mit Rücksicht auf die geschilderten gewaltigen Fortschritte der technischen Wissenschaften auf allen Gebieten wird die von den technischen Lehranstalten zu lösende Aufgabe immer schwieriger. Keine andre Schulgattung muß sich so dem wechselnden Bedürfnis der Industrie anpassen, muß durch ständige Fühlungnahme mit der Praxis die fortschrittliche Entwicklung ihres Fachgebietes im einzelnen so verfolgen und demnach den Lehrplan einrichten wie die technische Schule. Tut sie das nicht, stellt sie nicht die tüchtigsten Ingenieure als Lehrer an, sorgt sie nicht für ständige Fortbildung der Lehrkräfte, hält sie nicht die engste Verbindung mit der örtlichen Industrie aufrecht, so kann sie ihre für das gesamte Volk so bedeutungsvolle kulturelle Aufgabe nicht befriedigend durchführen.

Besonders wichtig erscheinen hierbei die technologischen Fächer. Ich möchte aber das Wort Technologie weit fassen: Zur wirtschaftlichen Fertigung gehört auch die Wärmewirtschaft, die Kraftwirtschaft. Neuzeitliche Wirtschaftsfragen sind eingehend auch in den Fächern Maschinenteile und in den sogenannten Konstruktionsfächern: Hebemaschinen und Kraftmaschinen zu behandeln. In Hebemaschinen muß die fließende Fertigung zur Sprache kommen. Normung, Maßeintragung mit Angabe der Bearbeitung und der Passungen, Formgebung mit Rücksicht auf billige Herstellung und auf zweckmäßiges Einformen und Gießen müssen auch im Konstruktionsunterricht Berücksichtigung finden.

Um ein Bild über den heutigen

Stand des technologischen Unterrichtes

an technischen Lehranstalten zu erhalten, wurden an alle Maschinenbauschulen Fragebogen versandt. Die Auswertung der erhaltenen Antworten ist in den Zahlentafeln 1 bis 4 zusammengestellt. Über das Unterrichtsziel geben die Fragebogen nur in beschränktem Maß Auskunft. Übereinstimmend bezeichnet eine größere Zahl von Schulen als Ziel des Unterrichts in „Stofflehre" die Kenntnis der Eigenschaften der Baustoffe zum Zweck ihrer richtigen Beurteilung und Verwendung und als Ziel des Unterrichtes in „Gießerei und Schmiede" die richtige Gestaltung mit Rücksicht auf die Herstellverfahren. Der Aufbau der Werkzeugmaschinen mit Rücksicht auf ihre Verwendung wird von vielen Anstalten als Ziel des Unterrichts in „Werkzeuge und Werkzeugmaschinen" angegeben. In den Übungen des Faches „Stoffprüfung" werden Zerreiß-, Biege-, Druck- und Härteprüfungen und vereinzelt auch metallographische Untersuchungen vorgenommen. In den Übungen für Gießerei werden vielfach in einer Versuchsformerei Maschinenteile von Hand und mit Maschinen eingeformt, ferner Skizzen angefertigt, in denen die Einformung von Gußstücken dargestellt wird. Sehr verschieden ist der Übungsstoff in den Zeichenübungen für Werkzeugmaschinen. Manche Schulen berechnen und entwerfen Antriebe und lassen Vorrichtungen konstruieren. Andre Schulen nehmen Getriebe auf und rechnen sie nach.

Abb. 1. Formgebung mit Rücksicht auf Gußspannungen und Lunkerbildungen.

Wieder andre lassen nur Vorrichtungen entwerfen und Bearbeitungsvorgänge zeichnerisch darstellen.

Fabrikationspläne, Kalkulationsvorgänge, Lohnsysteme und vereinzelt auch Zeitstudien werden übereinstimmend von fast allen Schulen im Unterricht behandelt. Der Unterricht wird in der Mehrzahl der Schulen schulmäßig erteilt und reiner Vortragsunterricht vermieden. Vielfach scheint noch ein rein beschreibender Unterricht vorzuherrschen.

Leider zeigen die Erhebungen — Zahlentafel 3 und 4 —, daß nur wenige Schüler praktisch in Gießereien gearbeitet haben, obwohl diese Tätigkeit für die betriebstechnische und auch die Ausbildung als Konstrukteur von großer Bedeutung ist.

Um das Bild vom heutigen Stand des Technologieunterrichts zu vervollständigen, soll nachstehend die Unterrichtart, die an den Kölner vereinigten Maschinenbauschulen von Studienrat Jonen unter engster Fühlungnahme mit ersten Maschinenfabriken entwickelt wurde, näher erläutert werden.

Einen breiten Raum nimmt in dem Unterricht über Gießerei die Formgebung mit Rücksicht auf die Gießtechnik ein. Um den Schüler anzuleiten, sich beim Entwurf von Gußstücken stets die wirt-

Abb. 2. Formgebung mit Rücksicht auf billiges Modell, leichtes Einformen und leichte mechanische Bearbeitung.

Abb. 3. Von einem Zeichenblatt: Entwurf eines Bohrmaschinenantriebes, angefertigt in den Zeichenübungen für Werkzeugmaschinen an der Höheren Maschinenbauschule Köln.

Abb. 4. Gruppenzeichnung.

Abb. 5. Teilzeichnung.

schaftliche Herstellmöglichkeit in der Gießerei vor Augen zu halten, werden zunächst durch den Lehrer eine Anzahl von Einformungsbeispielen an der Tafel skizziert und besprochen. Die Beispiele sind so ausgewählt, daß die Richtlinien zur Anwendung wirtschaftlich günstiger Formen mit Rücksicht auf leichtes Einformen, auf Vermeidung von Gußspannungen, Blasen- und Lunkerbildungen und auf billige Modelle hierbei zwanglos entwickelt werden. Nur zwei Beispiele seien hier wiedergegeben, Abb. 1 und 2.

Nach dieser Anleitung hat der Schüler in etwa acht Übungsstunden selbst die Einformskizzen von einfachen Gußstücken anzufertigen. Schüler ohne Gießereipraxis können in der Versuchsformerei selbst Einformungen vornehmen. In diesem Punkt unterscheidet sich der Unterricht an der Maschinenbauschule wesentlich von dem an der Lehrlingsschule oder Werkschule. Bei dieser ist die Konstruktionsform als etwas Unabänderliches gegeben. Dem Formerlehrling wird das Einformen durch Skizzen erläutert unter Betonung aller handwerkmäßigen Feinheiten, wie richtiges Anbringen der Einguß- und Steigtrichter, der Luftabführung, der Kernstützen und der Kernanfertigung.

Für den Maschinenbauschüler kommen diese Punkte erst in zweiter Linie in Frage, für ihn stehen andre Gesichtspunkte im Vordergrund: einfache Modelle, billiges Einformen, Formen mit zwei oder drei Kästen, Möglichkeit, das Stück mit oder ohne Kern bei entsprechender Formgebung zu gießen. Vom DATSCH wurden auch ähnliche Vorlagen herausgegeben, und es wäre wünschenswert, weiteren Stoff dieser Art zu sammeln.

Im Vortrag über Werkzeuge und Werkzeugmaschinen werden an der höheren Maschinenbauschule die theoretischen Grundlagen eingehend behandelt und durch Rechnungsbeispiele befestigt: Werkzeugschneidenform, Schnittwiderstand, Schnittversuche, Berechnung der Getriebe für den Haupt- und den Schaltantrieb, Aufzeichnen der Maschinenzahlen in Zahlentafeln und Schaulinien, wichtige Konstruktionselemente und die Anwendung der gebräuchlichsten Werkzeugmaschinen bei der Fertigung.

In den Zeichenübungen wird eine graphische Maschinentafel entworfen und der Haupt- oder Schaltantrieb einer Drehbank oder einer Fräs-, Bohr- oder Stoßmaschine berechnet und entworfen. Die Berechnung erstreckt sich, ausgehend von der Antriebleistung und der Spanleistung und den besondren Arbeitsbedingungen der Maschine, auf die Bestimmung der Übersetzungsverhältnisse, der Zahnradteilungen, der Wellendurchmesser und der Antriebriemen.

Als Unterlage für den zeichnerischen Entwurf dient eine einfache Handskizze oder eine Skizze aus einem Lehrbuch usw. oder auch die betreffende Maschine der Werkstatt, die aber nicht zu diesem Zweck auseinandergenommen wird. Mit voller Absicht wird dem Schüler keine fertige Entwurfzeichnung gleicher Ausführung in die Hand gegeben, diese wird ihm höchstens einmal flüchtig gezeigt, damit der Schüler das zu erstrebende Ziel sieht. Würde der Schüler die Zeichnungen dauernd in der Hand behalten, so würde der innere Gewinn für den Schüler bedeutend geringer sein.

Die Folgen dieser Unterrichtsart sind starke Unterschiede in den zeichnerischen Leistungen der einzelnen Schüler. Die Entwürfe stellen nicht die beste Lösung, sondern eine mögliche Lösung der Aufgabe dar. Das Geleistete hat der Schüler sich selbst mühsam erarbeitet. Der Unterricht muß den Schüler zum technischen Denken und zu produktivem Arbeiten erziehen. In Abb. 3 sind die Zeichnungen eines so unterrichteten Schülers dargestellt. Es war der Hauptantrieb einer Bohrmaschine zu berechnen und zu entwerfen.

In der viersemestrigen Maschinenbauschule werden im Vortragsunterricht die gleichen Gebiete behandelt, jedoch mit wesentlicher Einschränkung der theoretischen Begründung und Berechnung. Hier werden in den Zeichenübungen Vorrichtungen, keine Antriebe, entworfen.

Die neuzeitliche Organisation einer Maschinenfabrik wird an der Hand eines schematischen Planes besprochen

Abb. 6. Fräsvorrichtung für Schubstange, angefertigt in den Zeichenübungen für Werkzeugmaschinen an der Maschinenbauschule Köln.

Abb. 7. Bohrvorrichtung für Schubstange, angefertigt in den Zeichenübungen für Werkzeugmaschinen an der Maschinenbauschule Köln.

Grund von Zeitstudien behandelt. Die Ergebnisse dieser Übungsarbeiten werden in Vordrucke eingetragen.

Abb. 4 bis 7 zeigen Beispiele aus einem solchen Lehrgang für die Maschinenbauschule. Eine Übungsaufgabe aus dem Gebiete der Fabrikation und Kalkulation wird in Gruppen von 4 bis 6 Schülern bearbeitet. Eine solche Aufgabe lautet: Herstellung eines Maschinenteils, das in Reihen gebaut wird, z. B. Schieberstange, Schubstange eines Kraftwagenzylinders usw. Anzufertigen sind:

1. ein Fertigungsplan, der auch als Unterweisungskarte dienen kann,
2. Entwürfe von Vorrichtungen für alle Arbeitsgänge,
3. die Kalkulation der Selbstkosten.

und erklärt. Hierbei werden die Aufgaben der einzelnen Organisationsglieder im Hinblick auf wirtschaftliche Fertigung herausgezogen. Bei dem Konstruktionsbau werden besprochen: Bestimmung von Form, Abmessungen und Werkstoff mit Rücksicht auf wirtschaftliche Herstellung, Formstudien nach Herstellmöglichkeit und Kosten, Gegenüberstellung verschiedener Formen, Maßeintragung nach einem Passungssystem, die an einem Beispiel eingeübt wird. Die Organisation des Betriebsbureaus (Arbeitsbureaus) wird erklärt durch Besprechung des Geschäftsganges bei Erledigung eines Werkstattauftrages an der Hand eines schematischen Organisationsplanes. In der Kalkulation werden Material, Lohn und Herstellunkosten ermittelt, insbesondere Lohnsysteme besprochen und Stückzeitbestimmungen auf

Die Ergebnisse werden in Vordrucke eingetragen. Als Unterlage für die Aufgabe dient die Gruppenzeichnung des betreffenden Maschinenteiles, Abb. 4. Hiernach fertigt der Schüler eine Stückliste an unter Berücksichtigung fabrikationstechnischer Gesichtspunkte, Zahlentafel 5, ferner eine Teilzeichnung mit Eintragungen der Paßmaße, Abb. 5. Er entwirft dann einen Fertigungsplan nach Zahlentafel 6. Die Vorrichtungen werden konstruiert. Jeder Schüler der Gruppe bearbeitet eine Vorrichtung als Einzelaufgabe. Er wird aber mit allen Vorrichtungen seiner Gruppe dadurch vertraut, daß er von jeder Vorrichtung nach den Konstruktionszeichnungen seiner Mitarbeiter eine kleine Aufspannskizze anfertigt. Zwei Beispiele von den konstruktiv durchgearbeiteten Zeichnungen zeigen Abb. 6 und 7.

Zahlentafel 5.

Stückliste

zu L. A. 25

Teilgruppe: 4

Ausführung a:

„ b:

„ c:

Nr

Stückliste besteht aus 1 Blatt | Blatt 1

Hierzu Zusammenstellungszeichnung Nr. L. A. 25/4

Stückzahl c	Stückzahl b	Stückzahl a	Benennungen	Teil Nr	Zeichnung Nr	Modell Nr	Werkstoff	Gewicht kg
		1	Schubstange	1	L. A. 25/4/1		Flußstahl	
		2/2	Lagerschalen	2			Rotguß	
		1	Büchse	3			„	
		2	Schrauben 5/16" mit Mutter und Splint		D. I. N.		Flußstahl	
		1	Kolbenbolzen	4			„	

Änderungsvermerke:

Bemerkungen:

	Datum	Name
Geschrieben:	5. Januar 1925	*Eberle*
Geprüft:	6. „ 1925	*Müller*
Norm geprüft:		

Unterschriften:

Firma:

Stückliste Nr 1

Zahlentafel 6.

Werkstoff: Flußstahl: $K_z = 80$ kg/mm² Rohmaße: Auf Form gepreßt Bemerkungen: Bearbeitungszug. 2 mm	**Fertigungs-Plan** Gegenstand: Automobilschubstange	Plan Nr. 48 Zeichn. Nr. L. A. 25/4/1 Typ: L. A. 25 | Gruppe Nr. 4 | Teil: I

Nr.	Arbeitsgang	Werkzeug	Vorrichtung	Lehre	Abteilung	Masch.-Grp. Nr..	Schnittgeschw. m min	Umdreh. Hubzahl/min	Vorschub mm/Umdr. od. mm/Min	Einrichtzeit min	Zeit f. 1 Stück Handz. min	Zeit f. 1 Stück Laufz. min
1	Fräsen der Seitenflächen der Köpfe	Fr. 220 Dmr.	L. A. 25/4/1/ 1a oder 1b		Fräser.	F. M. 4	15	21	35	30	—	5
2	Bohren der Lager											
	a) Vorbohren d. 40er Loch. a. 39,5 mm	B. 39,5	L. A. 25/4/1/2		Bohr.	B. M. 6	20	160	0,26	15	2	2
	b) „ „ 28er „ „ 27,5 „	B. 27,5	„ „		„	„	20	236	0,26	1	2	1
	c) Aufreiben des 40er Loches . .	R. 40	„ „		„	„	5	40	0,67	1,5	2	2,9
	d) „ „ 28er „ . .	R. 28	„ „		„	„	5	58	0,67	1	2	1,4
3	Bohren der 6 Steglöcher	B. 18. 20. 24	L. A. 25/4/1/3		„	B. M. 7 (3 Spindeln)	15	240	0,1	15	3,3	2,7
4	Bohren d. Löcher f. d. Deckelschrb.											
	a) Vorb. d. 10 mm-Löch. a. 9,6 mm . .	B. 9,6	L. A. 25/4/1/4		„	B. M. 8	10	300	0,1	20	1	3
	b) Aufreiben der 10 mm-Löcher . .	R. 10	„ „		„	„	4	125	0,5	3	1	1,6
5	Aufsägen des Kopfes u. Fräsen der Auflageflächen f. d. Schrauben	Fräser u. Säge	L. A. 25/4/1/5		Fräser.	F. M. 1	15	56	32	15	2,6	2

Datum.	Aufgestellt von:	Firma:	Bemerkungen: ....

Hiernach muß der Schüler die Vorkalkulation von Werkstoffkosten, Bearbeitungszeiten und Herstellungskosten durchführen, Zahlentafel 7. Schließlich ist eine Auftragkarte für den Fabrikationsgegenstand, eine Begleitkarte und ein Akkordzettel anzufertigen. Für die Nachkalkulation sind der verausgabte Werkstoff, die gezahlten Löhne und die Herstellunkosten in die Auftragkarte einzutragen.

In der höheren Maschinenbauschule werden die Vorrichtungen skizzenmäßig behandelt. Diese Skizzen bilden die Grundlage für den zeichnerischen Entwurf.

Die Ziele des neuzeitlichen Technologieunterrichts sind demnach:

1. Vermittlung der zur Allgemeinbildung eines Maschinentechnikers gehörenden technologischen Kenntnisse.
2. Grundlage der neuzeitlichen Fertigungsverfahren. Anleitung zu wirtschaftlicher Formgebung mit Rücksicht auf die Bedürfnisse des Maschinenkonstrukteurs.
3. Grundlage der Organisation und Fertigung auch mit Rücksicht auf die Bedürfnisse des Betriebsingenieurs.

Diesen drei Gesichtspunkten bleibt übergeordnet das allgemeine Unterrichtziel. Richtschnur für die Stoffwahl ist hierbei, den Schüler zum technischen Denken zu erziehen und ihn zum selbständigen Ausdruck technischer Gedanken anzuleiten und zu befähigen. Wohl in keinem Unterrichtsfach ist die Gefahr, den Schüler mit langen beschreibenden Vorträgen, mit Wissensstoff und mit vielen Skizzen und Bildern zu überschütten, größer als in der Technologie.

Neben dem Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen haben der Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung und der Normenausschuß wertvolle Unterlagen für den technologischen Unterricht herausgegeben, nicht nur für die Hand des Lehrers, sondern auch für die Hand des Schülers. So wird der gesamte Zeichenunterricht nach den im Dinbuch 6 enthaltenen Richtlinien erteilt. Die Dinbücher bringen den Inhalt vieler Normblätter in klarer Übersicht mit Begründung und enthalten in kurzer Zusammenfassung viele grundlegende Gesichtspunkte für eine wirtschaftliche Fertigung. Wichtige Normblätter werden von der Schule zusammengestellt und in dem Zeichen- und Entwurfsunterricht ständig von den Schülern benutzt[1]). Lobend seien als Beispiele auch die übersichtlichen Unterrichtstafeln über Typisierung der Firma Fritz Werner A.-G., Berlin, und über Passungen der Firma Lud. Loewe & Co., Berlin, erwähnt.

Bei der in den letzten Jahren mit Recht so stark von der Industrie geforderten Einführung der neuen Grundsätze der wirtschaftlichen Fertigung in die Betriebe und in die Schule lag es nahe, an die

Errichtung von Sonderfachschulen

zu denken, in denen das Konstruieren in den Hintergrund tritt und die Schüler mehr für den Betrieb ausgebildet werden, also in Fertigung, Messen, Kalkulation, Organisation eingehend unterrichtet werden.

Was sind die unausbleiblichen Folgen einer solchen Sonderausbildung? Der Schüler muß sich vor seinem Schulbesuch bereits entscheiden, ob er eine Schule besuchen will, die mehr die betrieblichen Fächer betont. Unabhängig hiervon wird aber für den Schüler entscheidend sein, welche Schule gerade in seinem Heimatort oder in der Nähe seines Heimatortes liegt. Unmöglich ist es aber für den Schüler, eine richtige Entscheidung selbst zu treffen; denn seine Eignung für den Betrieb wird sich frühestens nach einem Schulbesuch von drei Semestern ergeben.

Hierzu kommt, daß nach beendetem Schulbesuch der Absolvent niemals in eine verantwortungsvolle Stelle einer Maschinenfabrik eingefügt wird, sicherlich nicht in eine verantwortungsvolle Betriebstellung. Jahrelange Erfahrung zeigt, und Besprechungen mit führenden Persönlichkeiten der Industrie haben ergeben, daß die Absolventen der Schule zunächst im Konstruktionsbureau mit einfachen Arbeiten beschäftigt werden und daß nur besonders Begabte nachher von hier aus in den Betrieb übernommen werden. Bedeutungslos erscheint es, daß einige Absolventen gleich im Anfang in untergeordnete Betriebstellungen eingegliedert werden und vielleicht in dem Zeichenbureau des Betriebes Anstellung finden, wo sie die Maschinenkarten zeichnen oder ähnliche einfache Arbeiten ausführen. Absolventen der Maschinenbauschulen im rheinisch-westfälischen Industriegebiet finden vielfach Stellungen als Hilfsmaschinensteiger.

Errichten wir also Sonderfachschulen, so schränken wir das überaus wichtige Betätigungsfeld der Maschinenbauschüler unzulässig und zu ihrem Nachteil ein. Ich habe mit Absicht meinen Ausführungen die gewaltige Entwicklung der Maschinentechnik vorangestellt, um zu zeigen, daß, wenn einmal Sonderfachschulen eingerichtet werden, die Zahl der Sonderfachschulen kein Ende nehmen würde: Sonderfach-

[1]) Der Vortrag von C. Volk, „Die Normung und der Unterricht an technischen Schulen" kann wegen Raummangels erst in einem der nächsten Hefte erscheinen.

Zahlentafel 7.

Zeichnung Nr. L. A. 25/4	**Vorkalkulation**	Anzahl der Blätter: 1		Blatt Nr. 1
Stück: 100	Gegenstand: Schubstangen	Typ: L. A. 25	Gruppe Nr. 4	Teil Nr. 1

Materialkosten für 1 Stück

Werkstoff	Rohmaße mm	Gewicht roh kg	Gewicht fertig kg	Einheitspreis ℳ	Einheitspreis ₰	Zuschlag vH	Wert des Abfalls ℳ	Wert des Abfalls ₰	Materialpreis ℳ	Materialpreis ₰
Flußstahl	2 mm Bearbeitungszugabe	1,3	1		35	5		03		42

Lohnkosten und Herstellungs-Unkosten

Arbg. Nr.	Art der Arbeit (Arbeitsstufe)	Auszuführen auf Masch.	Grp.	Abt.	Für 1 Stück Gesamtzeit Std.	Gesamtlohn ℳ	Gesamtlohn ₰	Herstellungsunkosten-Zuschlag vH	ℳ	₰
1	Fräsen d. Seitenfläche d. Köpfe	F. 4		Fr.	0,084		07,1	250		17,7
2	a) Vorbohren der 40er Löcher	B. M. 6		Bohr.	0,069		04,8	200		09,6
	b) „ „ 28er „	„		„	0,0534		03,4	„		07,4
	c) Aufreiben „ 40er „	„		„	0,0836		06	„		12
	d) „ „ 28er „	„		„	0,06		04,2	„		08,4
3	Bohren der Steglöcher	B. M. 7		„	0,102		07,1	„		14,2
4	a) Vorbohren der Schraublöcher	B. M. 8		„	0,07		04,9	„		09,8
	b) Aufreiben „ „			„	0,044		03,1	„		06,2
5	Aufsägen des Kopfes und Fräsen der Schraubenauflagefl. . . .	F. 1		Fr.	0,08		05,6	250		14
							46,7			99,3

Zusammenstellung

Für die Gesamtzahl	ℳ	₰
Material . .	42	—
Lohn . . .	46	50
Herst.-Unk.	99	30
Allg.-Unkost.	35	—
Selbstkosten	222	80

Für das Stück	ℳ	₰
Material . . .		42
Lohn . .		46,5
Herst.-Unk. .		99,3
Allg.-Unkost.		35
Selbstkosten	2	22,8

Allgemein-Unkosten

Lohnkosten ℳ	Lohnkosten ₰	Allgemein-Unkosten-Zuschlag %	ℳ	₰
	46,7	75		35

Aufgestellt von
Name: *W. Hintzen*
Datum: 5. I. 25

Geprüft von
Name: ....
Datum: ....

Bemerkungen: ....

schulen für landwirtschaftliche Maschinen, für Wärmetechnik, für Meßwesen usw.

Technische Schulen mit grundsätzlich andern Aufgaben sind Hüttenschulen, Bergschulen, Fachschulen für Feinmechanik und für Kleineisenindustrie und z. B. die mit den Kölner vereinigten Maschinenbauschulen verbundenen Fachschulen für Gas- und Wasser- sowie für Elektroinstallation.

Der Braunkohlentagebau ohne Schachtbetrieb braucht für seine Betriebe gut vorgebildete Maschinentechniker. Die Schüler der ebenfalls mit den Kölner Maschinenbauschulen verbundenen Braunkohlenbergschule, die eine ausreichende praktische Werkstattätigkeit in Braunkohlenbetrieben nachweisen können, nehmen in gewissem Umfang auch an dem lehrplanmäßigen Unterricht der Maschinenbauschule teil. Nach erfolgreichem Besuch erhalten diese Schüler sowohl das Reifezeugnis der Maschinenbauschule als auch das der Bergschule.

In gleicher Weise sollte man eine gegebenenfalls von der örtlichen Industrie gewünschte Sonderausbildung auf einem technischen Gebiete, namentlich auf den verschiedenen neuzeitlichen Gebieten der Technologie durchführen. Wenn z. B. die örtliche Industrie die besondere Pflege von Gießerei- oder Walzwerkeinrichtungen verlangt, so kann dem Wunsche nur in einem gewissen Grade Rechnung getragen werden. Wenn eine Gießerei oder ein Hüttenwerk einen Maschinentechniker einstellt, so rechnet man in erster Linie mit dessen Fähigkeiten, sich auf konstruktivem Gebiete betätigen zu können. Der Weg zu diesen Stellen und auch zu den Betriebsingenieurstellen führt über das Konstruktionsbureau von Maschinenfabriken, die die in Betracht kommenden Maschinen bauen.

Auch hier muß wieder zunächst eine allgemeine maschinentechnische Bildung vermittelt werden, die den Schüler befähigt, sich selbst zum Gießereifachmann oder Hüttenbetriebsingenieur weiter auszubilden.

In diesem Sinne kann die technische Mittelschule ihre Aufgabe erfüllen, Ingenieure für die verschiedenen Zweige der Maschinentechnik, auch für die kaufmännisch-technischen Abteilungen der Industrie heranzubilden. Sie bleibt sich dabei bewußt, daß die dem jungen Ingenieur vermittelte allgemeine technische Bildung weder auf dem konstruktiven noch auf dem betriebstechnischen Gebiet als abgeschlossen gelten kann.

Wollen wir aber vorzügliche Leistungen in unsern maschinentechnischen Werkstätten erzielen, so müssen wir für die bereits in der Praxis, dem besten Lehrmeister, stehenden Ingenieure und Techniker

Fortbildungskurse

schaffen, die auf die in der Schule erworbenen Kenntnisse aufbauen. Während die Schule mit ihrer kurzen Schulzeit nicht Sonderausbildung betreiben soll, müssen die Fortbildungskurse diese Sonderausbildung übernehmen. Ich denke hier an das Technischwissenschaftliche Vortragswesen (TWV), das in Berlin, Hamburg, Essen, Bochum, Dortmund, Hagen und Köln bereits mit Erfolg betrieben wird. Nicht einzelne Übersichtsvorträge, sondern Semestervorlesungen mit Übungen sind für die einzelnen Sondergebiete anzuberaumen.

So veranstaltet die Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure in Köln und in anderen Städten Sonderkurse mit Vorlesungen und Übungen für die Ausbildung von Stücklohnberechnern. Die Stücklohnberechnung in der Schule so zu lehren, wie es ihrer für die wirtschaftliche Fertigung so überaus großen Bedeutung entspricht, ist nicht möglich, weil der Schüler noch nicht über die notwendige Betriebserfahrung verfügt.

Dasselbe gilt für die Ausbildung von Ingenieuren für Wärmetechnik, Materialprüfung, Betriebswissenschaften, landwirtschaftliche Maschinen, Kraftmaschinenbau usw. Hier liegt für unser technisches Wirtschaftsleben eine große Kulturaufgabe vor. Ich bitte die Industrie, neben den Schulen auch die Vortragsvereinigungen tatkräftig in ihrer schweren Aufgabe zu unterstützen.

In Köln besteht ein Verein zur Förderung der Staatlichen Vereinigten Maschinenbauschulen und eine an die Schule organisch angeschlossene Gesellschaft für technisch-wissenschaftliche Fortbildung. Beide Vereine werden von der Kölner Industrie unter Leitung von Generaldirektor Dr.-Ing. Grosse in vorbildlicher Weise in ihren Bestrebungen gefördert. [B 369]

Die Motor-Erz-Schiffe „Svealand“ und „Americaland“.

Erbaut von der Deutschen Werft, A.-G., Hamburg.

Die Reederei Axel Broström & Son in Göteborg, die einen mehrjährigen Chartervertrag für Erzverschiffungen von Chile durch den Panamakanal nach der Ostküste der Vereinigten Staaten mit der Bethlehem Steel Corporation abgeschlossen hat, hat hierfür zwei Schiffsneubauten bei der Deutschen Werft, A.-G., Hamburg, in Auftrag gegeben, die ähnliche Abmessungen wie die bereits für die Bethlehem Steel Corporation in der Erzfahrt beschäftigten Schiffe „Steelore“, „Marore“, „Bethore“, „Chilore“ und „Lebore“ erhalten haben[1]). Während die bisher in dieser Fahrt beschäftigten Erzdampfer durch Kolbenmaschinen oder Getriebeturbinen angetrieben wurden, haben die beiden Neubauten Motorantrieb erhalten und sind heute die beiden größten bisher gebauten Motorfrachtschiffe; sie haben 168 m Länge zwischen den Loten, 22 m größte Breite auf Spanten, 13,4 m Seitenhöhe und mit 9,8 m Tiefgang, beladen auf Sommerfreibord, in Seewasser 21 400 t Tragfähigkeit und 30 500 t Verdrängung. Die Schiffe sind nach der Längsspantenbauart gebaut und haben Einrichtungen, damit sie gegebenenfalls auch als Tankschiffe verwendet werden können. „Svealand“ konnte bereits nach erledigter Probefahrt am 9. April d. J. seine erste Ausreise nach Chile antreten.

Der Boden des 112 m langen Erzraumes von 9,15 m Breite und Höhe sowie 10 200 m³ Rauminhalt ist für gute Seeigenschaften des beladenen Erzschiffes 4,27 m über dem eigentlichen Schiffsboden angeordnet. Der hierdurch unter und neben dem Erzladeraum freibleibende Raum von U-förmigem Querschnitt ist durch wasser- und öldichte Quer- und Längsschotte unterteilt und wird vorerst als abzugsfähiger Wasserballastraum benutzt. Die Querschotte des Tankraumes haben 18,3 m Abstand, und die so entstandenen Zellen sind durch ein durchlaufendes Mittellängsschott unterteilt, Abb. 1 und 2.

Die Maschinenanlage ist im Hinterschiff angeordnet; zwei Antriebwellen sind vorgesehen. Der Treibölvorrat von insgesamt 2500 t ist in zwei Tieftanks vor und hinter dem Erzladeraum untergebracht. Die Zellen für Schmieröl, Frischwasser und Kesselspeisewasser für eine Hilfsdampfanlage befinden sich in einem 1,98 m hohen Doppelboden unter dem Maschinenraum. Für die Bedienung der eigentlichen Ballasteinrichtung ist unter dem Erzraum eine besondere Pumpenkammer vorgesehen, die mit vier Kreiselpumpen von insgesamt 2000 t/h Leistung ausgerüstet ist. Zum Trimmen dienen außer den Treibölbunkern vorn und hinten noch ein besonderes Ballasttieftank im Vorschiff von 1100 m³ Inhalt sowie die Vor- und Hinterpiek.

Der Erzladeraum, der der Länge nach in drei ungefähr gleich große Abteilungen unterteilt ist, hat insgesamt neun Luken von 9,14 m Breite, von denen sieben quadratisch ausgebildet sind. Die Endluken sind 762 m lang. Die Luken sind mit schweren eisernen klappbaren Deckeln nach der Bauart Hogg-Car verschlossen, für deren Bedienung besondere Lukendeckelwinden zwischen den einzelnen Luken an Deck vorgesehen sind. Weiteres Ladegeschirr erhalten die Schiffe nicht, da die Erze aus festen Erztaschen verladen und mit besonderen Krananlagen gelöscht werden.

Als Hauptmaschinen sind zwei achtzylindrige, langsamlaufende, einfachwirkende Viertakt-Ölmaschinen, Bauart Burmeister & Wain, von 740 mm Zyl.-Dmr. und 1200 mm Hub gewählt, die bei $n = 115$ Uml./min je 3200, also zusammen 6400 PS_i leisten, womit die Schiffe vollbeladen 11½ Kn Geschwindigkeit erreichen. Diese Maschinen sind bereits in Heft 10 ausführlich beschrieben[2]). An die Hauptmaschinen angehängt sind eine Lenz- und eine Spülpumpe von je 30 t/h Leistung und die zur Maschine gehörigen Einblaseluftpumpen. Alle Hilfsmaschinen im Maschinenraum und an Deck, abgesehen vom Notverdichter, haben elektrischen Antrieb. Der hierfür erforderliche Strom von 220 V Spannung wird von drei dreizylindrigen Viertakt-Hilfsdieselmaschinen von 325 mm Zyl.-Dmr. und 350 mm Hub erzeugt. Diese stehen auf einem besonders versteiften Zwischendeck in halber Höhe des hinteren Maschinenraumes (s. Heft 10 S. 306 Abb. 3) und treiben mit 300 Uml./min je eine unmittelbar gekuppelte Dynamo von 100 kW Leistung an. Die Hilfsdieselmaschinen sind ferner mit je einem dreistufigen Verdichter gekuppelt, der zur Erzeugung der Anfahrluft und als Aushilfe für die Einblaseluftpumpen der Hauptmaschinen dient. Die Größe der Hilfsdieselmaschinen und der mit ihnen gekuppelten Dynamos und Verdichter ist so bemessen, daß für den Seebetrieb eine Maschine genügt, während die beiden andern zur Aushilfe dienen und im Bedarfsfalle, vor allem beim Manövrieren und beim Be- und Entladen, benutzt werden. Zum Aufspeichern eines größeren Druckluftvorrates sind acht Luftflaschen von insgesamt 1,740 m³ Inhalt vorgesehen. Für den Fall, daß die Druckluftvorräte an Bord vollkommen erschöpft sind, ist noch ein mit Dampf betriebener Notverdichter vorgesehen, der 0,1 m³/min Luft ansaugt, die auf 60 at verdichtet wird. Der Dampf wird von einem mit Öl betriebenen Hilfskessel von 15 m² Heizfläche und 7 at Druck geliefert.

Zum Kühlen der Haupt- und Hilfsmaschinen mit See- und Frischwasser ist ein Rohrnetz verlegt. Das Wasser wird von Kreiselpumpen in das Netz gedrückt, von denen zwei je 250 und eine dritte 150 m³/h leisten. Für die Rückkühlung des Frischwassers ist ein besonderer Kühler mit 200 m² Kühlfläche eingebaut. Die Schmierölleitung wird durch zwei Räderpumpen von je 20 t/h Leistung gespeist. Als Lenz- und Sanitärpumpe dient eine Dreikurbelpumpe von 3 × 30 t/h Leistung. In dem besonderen Pumpenraum mittschiffs sind zwei Kreiselpumpen von je 750 t/h und zwei von je 250 t/h Leistung aufgestellt, die mit 14- und 8zölligen Rohranschlüssen aus See saugen und in die einzelnen Zellen drücken und umgekehrt. Um das Ansaugen und ungestörte Arbeiten der Kreiselpumpen zu sichern, sind diese mit besonderen Luft-Ansaugekolbenpumpen, Bauart Drysdale, gekuppelt.

Die Verholwinden sind so konstruiert, daß sie bei Überschreitung von 7 t Trossenzug selbsttätig fieren und bei Unterschreitung die lose Trosse so weit einhieven, bis die Trosse wieder mit 7 t Zug beansprucht wird. Diese Sicherung ist erforderlich, da sich der Tiefgang beim Beladen mit 21000 t Erz in 90 min um um 7 m ändert. [M 399]

Abb. 2. Lage der Erz- und der Olladung.

[1]) Z. Bd. 65 (1921) S. 843.

[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 305.

Abb. 1. Längsschnitt der Doppelschrauben-Motorschiffe „Svealand“ und „Americaland“.

Schiffsdieselmotor von 2000 PS_e.

Die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Augsburg, hat vor kurzem eine neue Ausführung von Schiffsdieselmotoren fertiggestellt. Die ausführliche Veröffentlichung hierüber, die ursprünglich für dieses Heft in Aussicht genommen war, mußte aus technischen Gründen um einige Wochen verschoben werden. [N 483]

Die Kohlensäure des Ackerbodens: die grüne Kohle[1]).

Gewöhnlich wird der Kohlenstoffumsatz der Landwirtschaft unterschätzt. Zwar ist tatsächlich der Kohlen v e r b r a u c h der Landwirtschaft gering. Er beträgt, wenn man die landwirtschaftlichen Nebenbetriebe einschließt, etwa 10 vH der gesamten Steinkohlenerzeugung Deutschlands. Dagegen ist die von der Landwirtschaft umgesetzte, d. h. in den Ernterzeugnissen enthaltene Menge an Kohlenstoff recht beträchtlich. Sie beträgt bei etwa 82 Mill. t reinen Kohlenstoffes ungefähr halb so viel wie in der jährlichen deutschen Steinkohlenförderung enthalten ist.

Die Hälfte des Pflanzenkohlenstoffes bleibt auf dem Acker als Stroh, Wurzelwerk oder sonstiger Ernteabfall. Aber eines ist ganz sicher: mittels der Wurzeln nehmen unsere Kulturpflanzen keine nennenswerten Mengen an Kohlenstoff in sich auf. Dazu dient das Grün der Blätter, die den Kohlenstoff der Luft entnehmen. Sie assimilieren unter dem Einfluß des Lichtes Kohlensäure zu Zucker,Stärke usw., also zu solchen kohlenstoffhaltigen Stoffen, die zum Aufrechterhalten des menschlichen und tierischen Lebens und zum Aufbringen der Arbeitsleistungen nötig sind.

In der Zeit, wo die Pflanzen wachsen, müßte sich der geringe CO_2-Gehalt der Luft stark vermindern. Es zeigt sich aber, daß gerade dort, wo der regste Pflanzenwuchs herrscht, die Luft mehr Kohlensäure enthält als in den höheren Schichten. Die freie Luft ist also ganz im Gegensatz zu dem, was man erwarten müßte, mit ganz geringen Ausnahmen immer kohlensäureärmer als die Luft oben an der Grüngrenze, namentlich aber immer viel ärmer als die Luft einige Zentimeter oberhalb des Bodens, und auf Grund ausgedehnter Beobachtungen kommt man zu dem Schlusse, daß ganz überwiegende Mengen von Kohlensäure für unsre landwirtschaftliche Erzeugung vom Boden herstammen, die sich also vom Boden aus in die Luft entbinden.

Aus den aufeinanderfolgenden Untersuchungsreihen von B o r n e m a n n, L u n d e g a r d h und R e i n a u hat sich mit zunehmender Sicherheit ergeben, daß aus einem Quadratmeter Bodenfläche innerhalb einer Stunde gewisse Mengen, und zwar etwa 0,05 bis zu 0,8, sogar bis 2 g Kohlensäuregas durch freiwillige Diffusion austreten.

Im allgemeinen ist es so, daß die verschiedenen Tiefenschichten des Erdbodens abnehmenden Gehalt an Kohlenstoff haben. Man kann auf 1 m^2 Landfläche etwa mit 9 kg Kohlenstoff rechnen, der, an organische Stoffe gebunden, in der Erde schlummert. Es dürften so auf die 320 000 m^2 landwirtschaftlichen Bodens Deutschlands 3 Milliarden t Kohlenstoff entfallen oder so viel, wie bei etwa 40 guten Mittelernten im ganzen umgesetzt werden.

Kohlenstoffhaltig sind im Boden eine ganze Anzahl von Stoffen, die alle mehr oder weniger Reste von Pflanzen oder Tieren sind und die alle auch wieder Bakterien als Nahrung dienen können.

Alle möglichen ackertechnischen Maßnahmen wie Bearbeitung, Düngung, Bewässerung und Erwärmung wirken bestimmend auf die Größe der Bodenatmung ein. Die Art der Bearbeitung beeinflußt sowohl je nach ihrer Tiefe als auch nach der Art der verwendeten Geräte die CO_2-Abgabe. Man findet, daß zunehmende Bearbeitungstiefe die CO_2-Abgabe anfangs fast verhältnisgleich der Tiefe, dann langsamer steigert. Ferner, daß eine sofortige rasche Durchmischung, wie sie mittels einer Bodenfräse erzielt wird, etwa 10 bis 15 vH mehr CO_2 liefert als gepflügtes und geeggtes Land. Regen ergibt großen Einfluß bei flacher Bearbeitung und geringen bei tiefer Bearbeitung. Mit zunehmender Temperatur steigt ebenfalls die Bodenatmung. In den Monaten Juli bis Oktober, in denen unsere Äcker geräumt werden, gibt der Boden also noch beträchtliche Mengen Kohlensäure ab. Er sollte in dieser Zeit unbedingt grün gehalten werden.

Vergleicht man den Preis von 1 kg Kohlenstoff, wie er in den verschiedenen Nahrungsmitteln enthalten ist, mit dem Preis des Bodenkohlenstoffes in seinen verschiedenen Formen, so sieht man, wie weit Landwirtschaft und Gärtnerei die Veredelung des Kohlenstoffes treiben: von 10 ₰ im Stallmiste, den ja die Gärtner so ausgiebig verwenden, auf 50 000 ₰ bei Treibhausgurken oder 350 000 ₰ bei Frührosen und Nelken. Die Landwirtschaft macht aus der nur 0,2 ₰ kostenden Ackerkohle für 60 ₰ Kartoffelkohlenstoff: also 300fache Wertsteigerung, während von Stallmist zu Kartoffel nur 6fache Wertsteigerung herrscht.

Wie vorteilhaft es sein kann, in den Betrieb Torf einzuführen, zeigt die Spanne von 3 ₰ für das kg Torfkohlenstoff zu 75 ₰ im Roggen. Selbst eine Ausnutzung von nur 5 vH würde noch einen Gewinn von 15 ₰ auf 1 kg Torfkohlenstoff ergeben.

Gerade beim Torf ist auffallend, wie schlecht er als Ersatz für Steinkohle zu verwerten ist; gegen etwa 3 ₰ Torfkohlenstoff erhält man nur für 5 ₰ Kohlenstoff in der Steinkohle, dagegen bei Anwendung des Torfes als Kompost für Kartoffeln kommt man auf eine 4fache Wertsteigerung bei einer Ausnutzung von nur 20 vH. Es scheint also dringend geboten, sich vom Standpunkte der Kohlenstoffwirtschaft unsrer Landwirtschaft das Verbrennen von Torf zu sparen und ihn lieber dort, wo sein Ausgraben wirklich zulässig ist, durch künstliche Kompostbereitung oder durch den Viehstall der Ackerwirtschaft den humusarmen Sandböden zuzuführen.

Wenn man bedenkt, daß der Kohlenstoff, den der Mensch unmittelbar genießt, nur etwa 15 vH des gesamten Kohlenstoffes ausmacht, und daß man, um ihn zu erzeugen, gegenwärtig etwa 35 vH in Tierarbeit stecken muß, so ist klar, daß die Motorkultur eine Forderung des Tages so lange ist, bis wir nichts mehr von den wichtigsten Grundnahrungsmitteln einführen müssen. Und geht dies nicht durch Erzeugungssteigerung, so muß es durch Ersparnis von Tierarbeit versucht werden. Da etwa ein Fünftel unserer Nahrung noch immer vom Auslande kommt, so müßte eine Verminderung der Tierarbeit von 35 auf 19 vH des Kohlenstoffes entweder durch unmittelbare Ersparnis von Stoffen, die zur Brotbereitung usw. dienen, oder durch entsprechende Erhöhung des Tierreichtums unsre Selbsternährung sicherstellen.

Auch der Umweg über den im Spiritus der landwirtschaftlichen Kartoffelbrennereien enthaltenen Kohlenstoff ist zweckmäßig. Die Landbewirtschaftung mittels des Spiritusmotors ist sparsamer als die Bestellung mit Tieren. Allerdings spart das Arbeiten mit Jahrhunderte alter Sonnenenergie, also Ölen, gegenüber der Spirituskultur wohl noch etwas mehr Land und Kohlenstoff, aber es ist nicht so bodenständig, weil man mit seinem Betriebsstoff von entfernter liegenden Gegenden abhängig ist.

Also selbst mittels Ackerkohle über Spiritus spart Motorkultur Ackerkohlenstoff oder läßt ihn frei zur Tiermast und Milcherzeugung, dehnt also die Betriebsweisen aus, die eine geregelte Mistgewinnung mit Ackerkohlenstoff gestatten. Aber sie bewirkt noch ein weiteres: sie entlastet den Menschen von schwerer Körperarbeit und dehnt den Nahrungsmittelspielraum aus. [N 481]

[1]) Auszug aus dem Vortrag von Dr. R e i n a u in der Fachsitzung „Technik in der Landwirtschaft", der 64. Hauptversammlung des V. d. I. in Augsburg 1925; ausführliche Wiedergabe in einem der der nächsten Hefte.

Schluß des Textteiles.

I N H A L T :

Für die Schriftleitung verantw.: C. M a t s c h o ß , in Vertr. K. M e y e r , Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. -- VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 16. MAI 1925 NR. 20

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 704.

Dieselmotoren mit Strahlzerstäubung.

Mittel und Wege zur Beeinflussung der Verbrennung beim Strahlzerstäubungsverfahren.

Vorgetragen in der Fachsitzung „Dieselmaschinen" der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Augsburg 1925.

Von Oberingenieur H. Hintz, Essen.

Vorzüge und Nachteile des Strahlzerstäubungsverfahrens in seiner z. Z. bevorzugten Ausgestaltung mit halbkugelförmigem Brennraum. Neues Verfahren mit flachem Brennraum, das im Gegensatz zu dem bisherigen auch bei Gleichdruckverbrennung sehr gute Ergebnisse zeitigt. Einfluß von Zahl, Stärke, Geschwindigkeit und Richtung der den eigenartig geformten Kolbenboden unmittelbar treffenden Oelstrahlen sowie der künstlich erzeugten Drehbewegung der Luft auf die Verbrennung.

Die Veröffentlichungen der letzten Jahre über Verbrennungsvorgänge im Dieselmotor mit unmittelbarer Einspritzung des Brennstoffs behandeln in der Hauptsache zwei Verfahren: das Vorkammerverfahren und das Strahlzerstäubungsverfahren. Die Entwicklung scheint dahin zu führen, daß das erste Verfahren für kleine, das zweite für mittlere und größere Zylinderleistungen Anwendung findet.

So anziehend es vielleicht auch wäre, die den beiden Verfahren gemeinsamen Merkmale und ihre Unterschiede zu beleuchten, heute soll nur das Verfahren der Strahlzerstäubung behandelt werden auf Grund ausgedehnter Versuche, die bei der Firma Fried. Krupp A.-G., Essen, durchgeführt wurden.

Nach den bisherigen Veröffentlichungen konnte es scheinen, als ob das Strahlzerstäubungsverfahren an den Ersatz der bisher angestrebten Gleichdruckverbrennung durch eine mehr oder weniger ausgesprochene Verpuffung und an die Wahl eines annähernd halbkugeligen statt des bisherigen flachen Verbrennungsraumes gebunden wäre. Unsere Versuche beweisen aber, daß man sich diese Einschränkungen nicht auferlegen muß, um beim Strahlzerstäubungsverfahren eine hochwertige Verbrennung zu erreichen, sondern daß auch bei Gleichdruckverbrennung und flachem Brennraum günstige Ergebnisse erzielt werden können.

Selbstverständlich gibt für die gute Verbrennung die Form des Brennraumes allein nicht den Ausschlag; der Erfolg hängt vielmehr von der Verbindung dieser Form mit der Art der Zerstäubung, also mit Zahl, Stärke, Geschwindigkeit und Richtung der Strahlen und mit der Luftbewegung im Brennraum ab.

Wie schon bekannt, schafft man bei Benutzung eines halbkugeligen Brennraumes die besten Verhältnisse, wenn die Durchschlagkraft der Strahlen gerade so groß ist, daß die Öltröpfchen verbrannt sind, bevor sie den Kolbenboden erreichen. Obgleich man auf diese Art eine recht gute Verbrennung erzielt, muß man dabei ein Opfer, nämlich eine der Verpuffung nahekommende Drucksteigerung im Totpunkt des Kolbens und die dadurch bedingten hohen Triebwerkbeanspruchungen in den Kauf nehmen. Die hohe Drucksteigerung läßt sich bei diesem Verfahren zwar auch vermeiden, aber nur auf Kosten der Güte der Verbrennung.

Aus dem Vergleich der drei Diagramme in Abb. 1, die alle den Druckverlauf bei einem mittleren indizierten Kolbendruck $p_i = 6{,}5$ at, also etwa bei Vollast, darstellen, erkennt man am Diagramm *a*, das für halbkugeligen Brennraum gilt, die erwähnte hochwertige Verbrennung an der steil abfallenden Expansionslinie und dem niedrigen Enddruck der Expansion von 2,8 at. Der Zünddruck von 50 at übersteigt aber den Enddruck der Verdichtung von 33 at sehr stark, bringt also eine unerwünscht hohe Beanspruchung der Triebwerkteile mit sich. Im Diagramm *b*, das ebenfalls für halbkugeligen Brennraum gilt, ist dieser hohe Druckanstieg vermieden. Der Verlauf der Expansionslinie deutet aber merkliches Nachbrennen an, das durch den höheren Enddruck der Expansion von 3,1 at bestätigt wird.

Das Diagramm *c* dagegen, welches das Endergebnis des neuen Verfahrens mit flachem Brennraum bei seiner günstigsten Ausgestaltung darstellt, zeigt bei sehr geringem, ruhigem Ansteigen des Zünddruckes schnelle Verbrennung des eingespritzten Brennstoffes durch die steil abfallende Expansionslinie und den niedrigen Enddruck der Expansion von 2,8 at an. Dieser Enddruck wird in allen drei Fällen 18 vH vor der unteren Totlage in dem Augenblick gemessen, in dem das Öffnen des Auslaßventils beginnt.

Abb. 1.
Vergleich der Verbrennung im halbkugelförmigen und flachen Verbrennungsraum.
a Druckverlauf für halbkugeligen Brennraum
b „ „ „ „ } ohne hohen Druckanstieg
c „ „ flachen Brennraum

RZ421Z2u3

Abb. 2. Verbrennungsraum der kleinen Versuchsmaschine. Einzylindermaschine, 335 mm Zyl.-Dmr., 500 mm Hub, 200 Uml./min.

Abb. 3. Verbrennungsraum der großen Versuchsmaschine. Vierzylindermaschine, 420 mm Zyl.-Dmr., 650 mm Hub, 200 Uml./min.

Die Versuchsmaschinen.

Zur Durchführung der Versuche standen zwei Maschinen zur Verfügung, eine Einzylindermaschine mit 335 und eine Vierzylindermaschine mit 420 mm Zyl.-Dmr., beide für eine Drehzahl $n = 200$ Uml./min. Die endgültige Form ihrer Brennräume geht aus Abb. 2 und 3 hervor. Deckelboden und Zylinderbüchse bieten nichts Bemerkenswertes; dagegen ist der Kolbenboden in der Mitte so hochgezogen, daß der Auftreffwinkel der Strahlen während des Verlaufs der Einspritzung allmählich anwächst und daß die Strahlen die Bodenfläche anfänglich nahezu tangential treffen. Die Kolben sind mit einem Einsatz, dem sogenannten Pilz, versehen, der den Kolbenboden bei der kleineren Maschine teilweise, bei der größeren ganz überdeckt.

RZ421Z4

Abb. 4. Aufprallen der Brennstoffstrahlen auf den Kolbensitz. Die kleinen hellen Stellen sind Ausscheidungen von Zinkoxyd.

Es mag überraschen, daß man hier ganz im Gegensatz zu den bisherigen Anschauungen das Auftreffen der Brennstoffstrahlen auf den Kolbenboden geradezu angestrebt hat. Man erreicht dadurch, daß der noch ziemlich geschlossene Kern des Brennstoffstrahls durch Aufprallen auf den Kolbenboden zersprüht und sich, in feinen Nebel aufgelöst, im Brennraum verteilen kann. Ausscheiden von Ruß infolge des Auftreffens der Strahlen auf dem Kolbenboden tritt bei der gewählten Anordnung nicht ein. Ruß hat man im Verlauf der Versuche in den Auspuffgasen nur bei solchen Düsen beobachtet, wo die Brennstoffstrahlen wagerecht austraten und unmittelbar die Zylinderbüchse trafen.

Die Düsen haben je vier Bohrungen von 0,4 mm Dmr. bei den kleinen und 0,55 mm Dmr. bei den größeren Zylindern. Kleinere und entsprechend mehr Bohrungen bei gleichem Gesamtquerschnitt brachten überraschenderweise für beide Zylinderarten keine bessere, sondern schlechtere Verbrennung. Das ist sehr willkommen, da die Herstellung von Bohrungen von 0,4 bis 0,5 mm Dmr. weniger Schwierigkeiten bietet und vor allem die Wahl eines möglichst widerstandfähigen Düsenbaustoffs freigibt.

Abb. 4 zeigt das Bild, das durch das Aufprallen der Brennstoffstrahlen auf den Kolbenpilz erzeugt wird. Die dunkleren Stellen zeigen, wie sich der Brennstoffstrahl nach dem Aufprallen auf den Pilz ausbreitet, die kleinen hellen Stellen sind Ausscheidungen von Zinkoxyd, das auf die Lagerung des Brennstoffs in verzinkten Fässern zurückzuführen ist. Der Auspuff ist bei Düsen mit günstigem Strahlwinkel im Beharrungszustande nur wenig sichtbar.

Den Druckverlauf im Arbeitszylinder zeigen die Diagramme, Abb. 5; Zündverzug und Übergang der Verdich-

Abb. 5. Druckverlauf und Zündverzug im Arbeitszylinder mit flachem Brennraum. Versetzte Diagramme.

a Beharrungszustand bei Vollast
b Anfahren der kalten Maschine
c Einspritzbeginn
d Zündbeginn für Diagramm *a*
e „ „ „ *b*.

Abb. 6. Versetztes Öldruck-Diagramm.

tungslinie in die Brennlinie im versetzten Diagramm kennzeichnen den Wärmezustand der Maschine. Wie man sieht, ist der Zündverzug im Beharrungszustand der vollbelasteten Maschine am kleinsten; er beträgt bei 200 Uml./min 0,00333 s, entsprechend einem Kurbelwinkel von 4°. Die Verdichtungslinie geht dabei sehr sanft und ohne wesentliche Drucksteigerung in die Brennlinie über, obwohl sich die Brennstoffnadel rasch anhebt.

Beim Anfahren der kalten Maschine ist der Zündverzug größer, weil die Endtemperatur der Verdichtung den Zeitpunkt nur wenig überschreitet. Infolgedessen verstreicht bis zum Einsetzen der Zündung eine größere Zeitspanne, während deren schon eine größere Menge von Brennstoff in den Zylinder gelangt und nunmehr auf einmal unter entsprechender Drucksteigerung verbrennt. Den ruhigen Übergang der Verdichtungslinie in die Brennlinie und den ruhigen Gang der Maschine kann man also nur erreichen, wenn die Temperatur der Luft am Ende des Verdichtungshubes möglichst hoch wird, sei es infolge der Steigerung der Verdichtung oder, wie in unserm Fall, bei mäßig hoher Verdichtung infolge der wärmespeichernden Wirkung des Kolbenpilzes.

Wahl des Brennstoffdruckes.

Von wesentlichem Einfluß auf die Güte der Verbrennung und auf die Form der Diagramme ist außerdem die Höhe des Brennstoffdrucks. Seine Einstellung erfolgte durch entsprechende Vorspannung der Nadelfeder und wurde durch das Abpressen des ausgebauten Brennstoffventils mit einer mit Manometer ausgerüsteten Handpumpe nachgeprüft, während zum Aufzeichnen der im Brennstoffventil herrschenden Öldrücke bei laufender Maschine ein eigens zu diesem Zweck hergestellter Indikator benutzt wurde. Ein damit aufgenommenes Diagramm, das mit dem Antrieb für versetzte Diagramme geschrieben ist, weil sich die Vorgänge in der Nähe des Zündtotpunktes abspielen, zeigt Abb. 6.

Wenn auch die Einschaltung des Indikators die hydraulischen Vorgänge etwas beeinflußt, so kann dieser Einfluß doch so klein gehalten werden, daß er praktisch bedeutungslos ist. Er wird um so kleiner, je größer der Gesamtinhalt der Druckleitung einschließlich der schädlichen Räume im Verhältnis zu dem durch die Bewegung des kleinen Indikatorkolbens freigegebenen Raum ist.

In welchem Maße bei Vollast unter sonst gleichen Verhältnissen der indizierte Brennstoffverbrauch und der Enddruck der Expansion vom Einspritzdruck abhängen, geht aus Abb. 7 hervor. Im Gegensatz zu früher veröffentlichten Untersuchungen wurde jeweils bei Änderung des Öldrucks der Beginn der Zündung durch Verstellen des Pumpennockens an der gleichen Stelle gehalten.

Abb. 7 ergibt, daß die Verbrennung mit steigendem Öldruck immer günstiger wird, daß aber bei mehr als 300 at kaum noch ein Gewinn zu erzielen ist. Als wesentlicher Unterschied gegenüber den bisher veröffentlichten Erfahrungen an Maschinen mit halbkugeligem Brennraum fällt aber auf, daß keine Wendepunkte in der Kurve des Brennstoffverbrauchs vorhanden sind.

Die Verbesserung der Verbrennung bei zunehmendem Öldruck dürfte mit großer Wahrscheinlichkeit auf die mit dem Druck wachsende Durchschlagkraft, verbesserte Zerstäubung und Verteilung des Brennstoffs zurückzuführen sein. Bei Versuchen, die deshalb mit den benutzten Düsen außerhalb der Maschine vorgenommen wurden, war deutlich zu erkennen, daß bis zu einem Einspritzdruck von 100 at überhaupt noch keine Zerstäubung auftritt, daß vielmehr die Strahlen die Düse vollkommen geschlossen

Abb. 7. Abhängigkeit des indizierten Brennstoffverbrauchs und des Enddrucks der Expansion vom Öleinspritzdruck.

Abb. 8 bis 15. Einfluß des Einspritzdrucks auf die Verbrennung.

Abb. 16 bis 18. Einrichtung zum Messen der Luftbewegung im Zylinder.

a Scheibe *b* Achse *c* Federn *e* Schreibarm *f* Schreibstift *g* Indikatortrommel.

Abb. 21. Berechnetes Diagramm der Luftgeschwindigkeiten.

verlassen. Sie sind durchsichtig und haben die Farbe des benutzten Öles. Ob mit Düsen andrer Bauart in diesem Druckbereich eine gute Zerstäubung zu erreichen ist, wurde nicht versucht.

Bei höherem Druck von 150 bis 300 at sind die Strahlen weiß und von Anfang an in Tröpfchen aufgelöst. Treffen sie auf Platten schief auf, so zersprühen sie weiter, und zwar in um so feinere Tröpfchen, je höher die Auftreffgeschwindigkeit ist. Es ist natürlich etwas gewagt, die Beobachtungen beim Ausspritzen von Öl in freie Luft auf die Vorgänge im Brennraum mit seiner 14- bis 15fachen Luftdichte zu übertragen; im allgemeinen dürften aber die ausgesprochenen Vermutungen zutreffen.

In welcher Weise durch die verschieden hohen Einspritzdrücke die Verbrennung beeinflußt wird, zeigen die Diagramme, Abb. 8 bis 15. Die bei 320 at geschriebenen Diagramme, Abb. 8 und 9, zeigen die beste, die bei 65 at geschriebenen Diagramme, Abb. 14 und 15, die schlechteste Verbrennung, bestätigt durch starkes Nachbrennen und sehr hohen Enddruck der Expansion. Allerdings muß noch erwähnt werden, daß an der schlechteren Verbrennung bei 65 at Einspritzdruck noch ein weiterer Umstand Anteil hat. Bei so niedrigem Druck ist nämlich die Einspritzdauer etwa doppelt so lang wie beim höchsten Druck. Die Folge davon ist, daß während der letzten Phase des Einspritzens die Ölstrahlen den Pilzrand überschreiten und auf den Kolbenbodenrand sowie auf die Zylinderbüchse treffen, was, wie schon früher erwähnt, die Verbrennung sehr ungünstig beeinflußt.

Künstliche Luftwirbel.

Mit den bisher behandelten Mitteln, also flachem Brennraum, besonders geformtem Kolbenboden mit Pilz und Wahl des besten Einspritzdruckes war es gelungen, in den Versuchsmaschinen den Brennstoffverbrauch auf 149 g/PS$_i$h herabzubringen. Als letztes und recht wirksames Mittel zur Verbesserung der Verbrennung im flachen Brennraum wurde nun eine künstlich erzeugte Umlaufbewegung der Luft im Zylinder angewandt, und zwar derart, daß diese Bewegung um die Zylinderachse erfolgte.

Als Mittel diente ein auch von andern Veröffentlichungen[1]) her bekanter Schirm am Einlaßventil. Die Versuchseinrichtung wurde so ausgebildet, daß man verschieden große Teile des Einströmquerschnittes durch den Schirm abdecken und die mittlere Einströmrichtung auch bei laufender Maschine nach Belieben verstellen konnte.

Auf Grund sich widersprechender Literaturangaben bestanden anfänglich noch einige Zweifel, ob die beim Ansaughub durch den Schirm hervorgerufene Drehung der Zylinderluft auch bis zum Ende des Verdichtungshubes und während der Verbrennung erhalten bleiben würde. Schon der erste Versuch mit dem am Einlaßventil eingebauten Schirm zeigte aber einen auffallend starken Einfluß der Luftbewegung auf die Verbrennung. Wurde das Einlaßventil langsam einmal um seine Achse gedreht, so war der Auspuff in vier Stellungen merklich besser, in zwei Stellungen merklich schlechter als bei der Maschine ohne Schirm.

Da zunächst keine Gesetzmäßigkeit gefunden werden konnte, wurde versucht, die Stärke der Luftströmung bei verschiedenen Kolbenstellungen zu messen. Zu diesem Zweck wurde die in Abb. 16 bis 18 schematisch dargestellte Meßvorrichtung in den Zylinder eingebaut. Der Druck der umlaufenden Luft wirkt auf eine kleine, ebene Scheibe *a*. Diese wird von einem Gestänge b gehalten, das durch das Brennstoffventil in der Achse des Zylinders geführt ist. Außen ist das Gestänge mit einem Schreibstift und mit zwei Federn *c* verbunden, die die Scheibe in der Nullstellung halten.

Die von dem Schreibstift auf einer Trommel aufgezeichneten Diagramme geben die Kräfte an, welche der umlaufende Luftstrom auf die Scheibe ausübt. Zwei solche Diagramme, die bei elektrisch angetriebener Maschine aufgenommen wurden, sind in Abb. 19 und 20 wiedergegeben. Das Diagramm in Abb. 19 ist verhältnisgleich dem Kolbenweg, das Diagramm in Abb. 20 als versetztes Diagramm geschrieben. Sie zeigen beide, daß die Drücke beim Saughub langsam ansteigen, bei der Umkehr des Kolbens wieder abnehmen, während der Verdichtung wieder langsam ansteigen und schließlich bei rd. 30° hinter dem oberen Totpunkt steil abfallen.

Aus diesen Drücken berechnen sich die entsprechenden Geschwindigkeiten unter Berücksichtigung der jeder Kolbenstellung entsprechenden Dichte γ des Zylinderinhalts

$$v = \sqrt{\frac{W g}{\psi F \gamma}}.$$

In der Formel bedeutet v die Luftgeschwindigkeit in m/s, W den auf die Platte ausgeübten Druck, ψ die Formwiderstandzahl, F die beaufschlagte Fläche.

Das Ergebnis der Berechnung ist ein Diagramm, Abb. 21. Es zeigt, daß die verdichtete Zylinderluft im Zündtotpunkt in der untersuchten Ringzone des Zylinders mit einer Geschwindigkeit bis zu 20 m/s umläuft.

Die Geschwindigkeiten, die bei den Versuchen mit einem bestimmten Schirm lediglich durch Änderung der mittleren

[1]) Siehe z. B. Kesselmann, Z. Bd. 67 (1923) Nr. 27

Abb. 19 und 20. Mit der Meßeinrichtung nach Abb. 16 bis 18 aufgenommene Diagramme für die Luftbewegung.

Abb. 22. Abhängigkeit der Luftgeschwindigkeit von der mittleren Einströmrichtung bei 180° Überdeckung des Schirmes.

Abb. 23. Abhängigkeit des Brennstoffverbrauchs von der mittleren Einströmrichtung.

Einströmrichtung erzielt wurden, sind in Polarkoordinaten in Abb. 22 dargestellt. Hiermit ist — wie ich vermute zum ersten Mal — durch Versuche nachgewiesen, daß sich eine beim Saughub eingeleitete Umlaufbewegung der Zylinderluft bis in die Brennperiode hinein aufrechterhält.

Wie sich der Brennstoffverbrauch für 1 PS_ih bei verschiedenen Einströmrichtungen ändert, ist aus Abb. 23, ebenfalls in Polarkoordinaten, zu sehen. Der Verbrauch ohne Drehbewegung der Zylinderluft ist durch den strichpunktierten konzentrischen Kreis gekennzeichnet; er beträgt, wie schon erwähnt, 149,4 g/PS_ih. Sehr beachtenswert ist nun, zu verfolgen, wie die Verbrauchkurve mit Drehbewegung der Luft teilweise unter, teilweise über dem Verbraucherkreis ohne Drehbewegung verläuft. Den kleinsten Verbrauch, nämlich im Mittel rd. 140 g/PS_ih, haben wir für die Einströmrichtungen 30, 150, 195 und 330° erzielt, während z. B. bei etwa 255° Einströmwinkel, entsprechend 20 m/s Strömgeschwindigkeit, der Verbrauch 157 g/PS_ih betrug. Die Umlaufbewegung der Luft bedeutet also nicht in allen Fällen eine Verbesserung der Verbrennung.

Der Vergleich von Abb. 22 und 23 lehrt, daß die vier kleinsten Verbrauchzahlen einer einzigen, ganz bestimmten Luftgeschwindigkeit entsprechen, nämlich 8 bis 9 m/s. Es drängte sich ganz von selbst die Frage auf, wie es kommt, daß die Drehbewegung der Luft die Verbrennung einmal günstig, daß andre Mal ungünstig beeinflußt. Bei der als günstig erkannten Geschwindigkeit von im Mittel 8,5 m/s durchläuft nun ein nahe der Zylinderbüchse befindliches Luftteilchen während der Einspritzdauer gerade einen Viertelkreis. Man kann also annehmen, das bei wesentlich höherer Luftgeschwindigkeit, die von jedem Strahl der Vierlochdüse erzeugten Verbrennungsgase in den Wirkungsbereich des Nachbarstrahls gelangen und die in der letzten Phase des Einspritzens stehenden Öltröpfchen verhindern, augenblicklich zu verbrennen. Diese letzten Tröpfchen lösen

Abb. 24 bis 32. Gewöhnliche, versetzte und Nadelhubdiagramme.

Abb. 33. Ansicht des Kolbenbodens.
Einfluß der Drehbewegung auf die Verteilung des Brennstoffes.

sich daher infolge Sauerstoffmangels in Dampf auf, der dann zwar auch noch, aber doch verspätet, verbrennt. Daß diese Erklärung wohl in der Hauptsache das richtige trifft, scheinen die Diagramme, Abb. 24 bis 32, zu bestätigen.

Die Diagramme, Abb. 24 bis 26, bei 30° Einströmrichtung zeigen die beste Verbrennung, gekennzeichnet durch rasch abfallende Expansionslinie und kleinen Enddruck der Expansion. Die folgenden Diagramme, Abb. 27 bis 29, sind bei größter Umlaufgeschwindigkeit, entsprechend 250° Einströmrichtung, aufgenommen. Sie tragen die Kennzeichen des Nachbrennens, nämlich weniger steil abfallende Expansionslinie und höheren Enddruck der Expansion. Die Diagramme, Abb. 30 bis 32, sind ohne Drehbewegung der Zylinderluft aufgenommen und bezüglich des Nachbrennens etwas, wenn auch nicht viel günstiger als Abb. 27 bis 29.

Einen weiteren Beweis für die Wirkung der Drehbewegung liefert die Ansicht des Kolbenbodens, Abb. 33. Deutlich ist zu erkennen, daß im Gegensatz zu Abb. 4 die dem Betrieb ohne Drehbewegung entspricht, eine sehr starke Verwehung des Brennstoffs eingetreten ist. Aufgenommen bei der für diese Verhältnisse vorteilhaftesten Geschwindigkeit der eintretenden Luft, zeigt Abb. 33, daß von jedem Brennstoffstrahl der Vierlochdüse gerade ein Viertelkreis gedeckt wird.

Aus dem Gesagten folgt, daß sich die Strömgeschwindigkeit der Luft der Anzahl der Düsenstrahlen anpassen muß. Je größer diese Zahl, desto kleiner muß die Strömgeschwindigkeit sein und umgekehrt.

Alle bisher angeführten Ergebnisse beziehen sich auf einen Abdeckwinkel des Schirmes am Einlaßventil von 180°. An der gleichen Maschine wurden auch Versuche mit kleineren Abdeckwinkeln vorgenommen. Bei z. B. 90° Abdeckwinkel verringern sich die Strömgeschwindigkeiten etwa im Verhältnis von 2 : 3. Stellt man den Schirm mit kleiner Abdeckung auf die gleiche Einströmrichtung wie den Schirm mit großer Abdeckung ein, so entstehen kleinere Umlaufgeschwindigkeiten im Brennraum. Soll die vorhin aufgestellte Theorie bestätigt werden, so muß man, um gleich günstige Verbrennung wie beim großen Schirm zu erhalten, die Einströmrichtung für den kleinen Schirm so verlegen, daß wieder die als beste erkannte Strömgeschwindigkeit von rd. 8,5 m/s entsteht. Diese Geschwindigkeit erreicht man bei einer Einströmrichtung von rd. 90° oder 270°. Tatsächlich haben wir wiederholt den besten Brennstoffverbrauch, die niedrigsten Auspufftemperaturen und die kleinsten Enddrücke der Expansion bei diesen Einströmrichtungen gemessen. Wir haben mit diesem Schirm mehrfach 138 g/PS_ih bei $p_i = 6,5$ at, also Vollast, erreicht, Werte, die meines Wissens selbst bei Maschinen mit Lufteinspritzung kaum erreicht oder unterschritten worden sind.

Gleich günstige Ergebnisse lieferten beide Versuchsmaschinen auch bei Verwendung von Steinkohlenteeröl, ohne daß ihre Einrichtung geändert werden mußte, und besonders ohne Vorlagerung eines Zündöls. Der entsprechende Brennstoffverbrauch für Steinkohlenteeröl von 9000 kcal/kg betrug 155 g/PS_ih, was sich, umgerechnet auf den Heizwert des Gasöls, im Wärmeverbrauch mit dem oben angeführten Verbrauch an Gasöl deckt.

Im vorstehenden Bericht ist der Brennstoffverbrauch immer auf die indizierte Leistung bezogen. Der Betriebzustand jeder, auch der besten Maschinen, ist gewissen Änderungen unterworfen, so daß der Verbrauch, bezogen auf die Nutzleistung, keinen sicheren Maßstab bieten würde.

In Fachkreisen ist das allgemein bekannt; dennoch wird sehr oft dagegen verstoßen. Es wäre daher zu begrüßen, wenn künftig der Beurteilung des Verbrennungsvorganges stets die indizierte Leistung zugrunde gelegt würde.

Wenn man sich auch darüber im klaren sein muß, daß die gezeigten Mittel und Wege zur Beeinflussung der Verbrennung nicht ohne weiteres bei anders gearteten Maschinen zu den gleich günstigen Ergebnissen führen, sondern in ihrer praktischen Anwendbarkeit einstweilen auf Maschinen gleicher Bauart wie die der Versuchsmaschinen beschränkt sein werden, so dürfte ihre Bekanntgabe doch dazu beitragen, noch unerforschte Vorgänge bei der Verbrennung im kompressorlosen Dieselmotor ihrer Klärung näher zu bringen. [B 421]

Das Gleiten von Treibriemen.

In vielen Betrieben herrscht die Ansicht, daß das Gleiten von Treibriemen oder der Rutsch durch Aufrauhen der Riemenscheiben beseitigt werden könne. Es muß darum immer wieder darauf hingewiesen werden — eine Anfrage an den Ausschuß für Energieleitung im Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung gab dazu besonders Veranlassung —, daß eine Aufrauhung der Scheibenoberfläche nicht nur nutzlos, sondern sogar sehr schädlich ist. Jeder belastete Riemen hat infolge seiner natürlichen Elastizität, und das gilt bei Lederriemen ganz besonders, eine von der Auflaufstelle aus zunehmende Relativgeschwindigkeit v_{rel} gegenüber den Scheiben, die bis zum Betrage $v_{rel} = \frac{k_n v}{E}$ ansteigt. Ist z. B. die Nutzspannung $k_n = 20$ kg/cm², die Riemengeschwindigkeit $v = 30$ m/s und die Elastizitätszahl des Riemens $E = 1500$, so steigt die Relativgeschwindigkeit v_{rel} bis 0,4 m/s. Man stelle sich diese Relativgeschwindigkeit unter Last vor, um sofort einzusehen, daß hierbei eine glatte, möglichst sogar polierte Oberfläche dem Riemen am wenigsten schadet, während eine rauhe Oberfläche ihn wie eine Feile allmählich zerstört. Dazu kommt aber, daß nach den Versuchen von Duffing auch die Reibungszahl wächst, wenn Riemen und Scheibe sich so vollkommen als irgend möglich berühren. Ein möglichst ebener, etwas gefetteter, nicht zu harter Riemen läuft sich auf einer polierten, genau zylindrischen, höchstens schwach gewölbten Scheibe am raschesten ein und bildet dann das ideale Übertragungsmittel. Rauhe Gußeisenscheiben und insbesondere auch rauhe Holzscheiben sind ein Verderb für jeden Riemen.

Ähnliche Fragen von allgemeiner Bedeutung auf diesem Gebiete können dem im AWF, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a, tätigen Ausschuß für Energieleitung zur Behandlung durch seinen Unterausschuß für Riemenprüfung übermittelt werden. [N 261]

C. K.

Ein Versuchstand für große Axialdrucklager.

Von Dr.-Ing. E. Feifel, München-Freimann.

Für die Untersuchung großer Axialdrucklager mit senkrechter Welle hat die Firma Fritz Neumeyer A.-G., München, einen Prüfstand erbauen lassen, der Lagerbelastungen bis zu 300 t aufzunehmen gestattet. — Im Anschluß an die Beschreibung der Versuchseinrichtung werden Versuchsergebnisse mitgeteilt, die an einem 250 t-Segmentlager bei verschiedenen Lagerdrücken, Öltemperaturen und Ölsorten gewonnen wurden.

Bis zu den phantastischen Leistungen einzelner Maschinensätze von 70 000 PS beherrscht heut in Wasserkraftanlagen mit kleinen und mittleren Gefällen die Einradturbine mit senkrechter Welle das Feld, und dies auch in Fällen, in denen noch vor wenigen Jahren die Turbine mit wagerechter Welle ausschließlich in Frage gekommen, zum mindesten in aussichtsreichen Wettbewerb getreten wäre. Denn in dem Streben nach Erhöhung der Maschinenleistung und der Drehzahlen sahen sich Konstruktionsbureau und Werkstatt bei der Wahl der Einradturbine zunächst vor Aufgaben gestellt, deren Schwierigkeiten die anerkannten Vorzüge dieser Bauart oft nicht voll zur Geltung kommen ließen. Auch war bei den Elektrizitätsfirmen anfänglich eine unverkennbare Abneigung gegen Stromerzeuger mit senkrechter Welle und eine begreifliche Bevorzugung der für alle Verhältnisse normalen Maschinen mit liegender Welle zu überwinden.

Entwicklung der neueren Drucklager.

Es ist verständlich, daß die Lösung einer der drängendsten Konstruktionsaufgaben: die Bereitstellung betriebsicherer Drucklager für die hochbelasteten senkrechten Wellen, zunächst mit den vom Kleinturbinenbau her bekannten Mitteln versucht wurde, in erster Linie also durch Vergrößerung der in den verschiedensten Abarten vorliegenden Ringspurlager. Dabei waren die Erfahrungen mit diesen Lagern nicht gerade ermutigend, sie ließen vielmehr erwarten, daß die Verwendungsgrenze der üblichen Ringspur mit zunehmender Größe bald erreicht sein würde. Es gibt wohl keine Turbinenfirma, in der die Spurlager nicht eine Quelle steter Sorge gebildet hätten, kein Konstruktionsbureau, das nicht durch besonders sinnreiche Anordnung der Schmiernuten, durch die sorgfältigste Auswahl und Legierung der Ring-Werkstoffe und durch deren peinlichste werkstattmäßige Behandlung der mit der Lagergröße wachsenden Schwierigkeiten Herr zu werden versuchte.

Nicht als ob schon in den Anfängen des Großturbinenbaues auch hochbelastete Ringspurlager jahrelang ohne Betriebstörung gearbeitet hätten. Dies trifft insbesondere zu für Lager mit Druckölschmierung zwischen den Gleitflächen, die sich aber wegen ihrer hohen Empfindlichkeit gegen Wartungsfehler nicht allgemein einführen konnten und deren kleine Reibungszahl keinen Gewinn für die Turbine brachte, weil ihr der hohe Leistungsverbrauch der Druckölpumpen gegenüberstand. Oft ließ auch eine kräftige natürliche oder künstliche Rückkühlung des Schmieröles die Reibungswärme nicht nach außen fühlbar werden. Die Reibungswärme wirkte sich vielmehr nur am Leistungsmesser des Schaltbrettes und im gelegentlichen Auswechseln abgelaufener Spurringe aus.

Gewiß wußten beobachtende Konstrukteure und Betriebleiter wohl, daß ihre Lager von dem Idealzustand reiner Flüssigkeitsreibung noch weit entfernt waren. Dabei war, unbeachtet, die Theorie der Praxis um zwei Jahrzehnte vorausgeeilt, als sich diese anfangs des Jahrhunderts vor der Aufgabe sah, ihre Drucklager zur betriebsicheren Aufnahme von Hunderten von Tonnen auszubilden.

Im Jahre 1885 schon hatte Reynolds, gestützt auf Versuche von Tower, auf die Voraussetzungen für das Zustandekommen reiner Flüssigkeitsreibung zwischen Gleitflächen mit hohen Flächendrücken aufmerksam gemacht. Aber erst Mitchells Folgerung aus Reynolds' Erkenntnis hat dieser die Anerkennung der Praxis verschafft.

Das Wesen von Mitchells Vorschlag kann als soweit bekannt vorausgesetzt werden[1]), daß es hier genügen dürfte, durch Abb. 1 und 2 seinen leitenden Gedanken in Erinnerung zu bringen.

[1]) Z. Bd. 60 (1916) S. 305, Bd. 63 (1919) S. 965, Bd. 67 (1923) S. 1100.

Unter günstigen Bedingungen genügt, wie Reynolds nachgewiesen hatte, die Adhäsion an den Gleitflächen, um zwischen diese eine Flüssigkeit von solcher Schichtdicke einzuführen, daß sich die Flächen an keiner Stelle unmittelbar berühren. Die hierbei in den Lagern zylindrischer Wellenzapfen durch exzentrische Verlegung der Welle gegenüber der Lagerschale selbsttätig sich einstellende, in der Bewegungsrichtung abnehmende Dicke der Schmiermittelschicht erreichte Mitchell bei Spurlagern, indem er die ebene Gleitfläche des festen Spurringes in einzelne Segmente auflöste und jedem Segment durch Schneidenlagerung die Möglichkeit der Schrägstellung gab.

Reynolds' Theorie und die lange vernachlässigte Lehre der Schmierung überhaupt hat inzwischen durch ausgezeichnete Forschungen[2]) die gebührende Erweiterung und Vertiefung erfahren; Mitchells Segmentlager aber hat anfänglich wohl zögernde, neuerdings aber in den verschiedensten konstruktiven Abwandlungen beherrschende Verbreitung gefunden. In liegender und stehender Anordnung benutzt heute der Wasserturbinenbau und insbesondere auch der Schiffsmaschinenbau Segmentdrucklager in allen Abmessungen bis zu 500 t Belastung.

Diese Entwicklung war selbstverständlich nicht möglich, ohne daß zuvor die theoretischen Erkenntnisse durch zahlreiche planmäßige Versuche ergänzt und bestätigt wurden. Über zulässige Drücke und Gleitgeschwindigkeiten, über den Einfluß der Abmessungen der Tragstücke und deren Unterstützung, über die zweckmäßige Ausbildung der Eintrittkanten und des Ölumlaufes und nicht zuletzt über die Eignung verschiedener Schmiermittel mußten zuverlässige Konstruktionsgrundlagen geschaffen werden. Sie ließen sich auch durch Versuche in verhältnismäßig kleinem Maßstab gewinnen.

Wenn aber beachtet wird, daß an der dauernden Aufrechterhaltung einer Schmierschicht von kaum $^1/_{100}$ bis $^2/_{100}$ mm Dicke die Sicherheit des Betriebes hängt und daß die Folgen einer Betriebstörung bei den großen Maschineneinheiten besonders in geldlicher Hinsicht recht empfindlich sind, so ist der Wunsch nach Versuchen auch an großen Ausführungen verständlich.

Die Schwierigkeit, alle Segmente zum gleichmäßigen Tragen zu bringen, stellt bei großen Abmessungen hohe Anforderungen an die Genauigkeit der Werkstattarbeit. Hierzu kommen Verformungen der großen Gleitstücke und ihrer Lagerstellen, erhebliche Unterschiede der Gleitgeschwindigkeiten auf den verschiedenen Halbmessern und entsprechende Temperatur- und Druckunterschiede, Zusammenbauschwierigkeiten u. a., alles Punkte, die man beim Entwurf berücksichtigen muß, um die Ergebnisse auch bei großen Lagern mit den im kleinen Maßstab angestellten Versuchen und mit der Rechnung in Einklang zu bringen.

gleitende Fläche
S
Stützdruck
resultierender Flächendruck
P
feste Unterlage
Kurven gleichen Druckes
S P
e
e-Exzentrizität der Stütze

Abb. 1 und **2.** Vorgang im Mitchell-Segmentlager.

[2]) Vergl. Gümbel, Der heutige Stand der Schmierungsfrage, Forschungsarbeiten Nr. 224.

Abb. 4 und 5. Versuchstand für große Axialdrucklager von Fritz Neumeyer, A.-G., München.

g Platte
h Gehäuse
i Peltonrad
k Düsen
l kleine Handpumpe
m ausrückbares Schneckenvorgelege
n Elektromotorwelle.

In der 1920 erfolgten Ausschreibung für die 13 000 PS-Turbinen der „Mittleren Isar", A.-G., war deshalb die Erprobung der Drucklager, die bei 167 Uml./min rd. 250 t Belastung aufzunehmen haben, im Maßstab der Ausführung ausdrücklich vorgeschrieben. Europäische Ausführungen ähnlicher Größen lagen damals nicht vor.

Die Firma Fritz Neumeyer, A.-G., in München[1]) hat dann auch mit dem Auftrag auf die Lieferung der Turbinen die Aufgabe übernommen, für die Drucklager einen Prüfstand einzurichten, der im folgenden kurz beschrieben sei.

Der Prüfstand

sollte im allgemeinen über die Zwecke des genannten Auftrages hinaus sowohl hinsichtlich der Belastung wie auch hinsichtlich der Drehzahl möglichst vielseitig verwendbar sein und insbesondere auch erlauben, die allgemein als gefährlich erachteten Anlauf- und Auslaufverhältnisse zu studieren. Eine untere Grenze für die Belastung war durch das Eigengewicht der umlaufenden Teile von rd. 10 t gegeben, während die obere Grenze mit

[1]) Der Wasserturbinenbau der Firma Fritz Neumeyer, A.-G., früher Briegleb, Hansen & Co., ist inzwischen von der MAN, Werk Nürnberg, übernommen worden.

Abb. 3. Schema der Belastungsvorrichtung für Axialdrucklager.

a_1 obere Mutter
a_2 untere "
b Prüfstandwelle
c_1 Druckkamm des zu untersuchenden Lagers
c_2 Druckkamm des Gegendrucklagers
d Lagergehäuse
e Preßöl-Druckstempel
f_1 Gleitfläche für den oberen Kamm
f_2 Gleitfläche für den unteren Kamm

300 t angenommen wurde. Die Drehzahl aber war zwischen null und einem oberen Wert, der zu etwa 300 Uml./min festgesetzt wurde, zu verändern.

Antrieb.

Schon das Lager der „Mittleren Isar" verlangte bei normaler Drehzahl und mit einer vorsichtig geschätzten Reibungszahl von 0,003 eine Antriebleistung an der Prüfstandwelle von rd. 125 PS. Unter Berücksichtigung des Verbrauches des kleineren Gegendrucklagers und mit der Aushilfe für die oberen Versuchsgrenzen war deshalb mit einer Antriebleistung von rd. 250 PS zu rechnen. Als Mittel zur Veränderung der Drehzahl schieden Zahnradübersetzungen aus, solange an der Forderung eines stetigen Geschwindigkeitswechsels während des Betriebes festgehalten wurde. Dagegen bot unmittelbarer elektrischer Antrieb mit Leonard-Schaltung unleugbare Vorteile, die aber doch wegen der hohen Kosten und der Schwierigkeit, einen passenden Motor senkrechter Bauart zu erhalten, nicht ausschlaggebend waren.

Da der Versuchstand im Keller des 35 m hohen Wasserturmes des Werkes aufgestellt werden sollte, lag schließlich der Gedanke nahe, als Antriebmaschine ein Peltonrad zu verwenden, und tatsächlich erwies sich hiermit der Aufbau und Betrieb des Prüfstandes recht zweckmäßig. Bei kleinem Leistungsverbrauch, d. h. zur Untersuchung kleiner und mittlerer Drucklager, genügt die Speisepumpe des Hochbehälters, um eine Düse des Peltonrades zu versorgen; für hohe Leistungen aber lassen sich in einfacher Weise weitere Düsen anstellen, die ihr Aufschlagwasser aus besonderen Umwälzpumpen erhalten. Die Umdrehungszahlen lassen sich bei der üblichen Nadelregelung mit aller wünschenswerten Stetigkeit verändern. Trotz des dem Peltonrad eigenen hohen Anzugmomentes war aber noch eine Einrichtung zu treffen, um die Reibung der Ruhe zu überwinden, die Maschine in Gang zu setzen. Zu diesem Zweck dient am unteren Ende der Prüfstandwelle ein Schneckenradvorgelege, dessen Schneckenwelle über ein Zahnradvorgelege elektrisch angetrieben und dessen Schnecke selbsttätig außer Eingriff gebracht wird, sobald das vom Peltonrad ausgehende Drehmoment das Moment des Schneckenrades überwiegt.

Belastungsvorrichtung.

Das Schema der Belastungsvorrichtung ist in Abb. 3 wiedergegeben, wobei der Übersichtlichkeit halber Kugellager statt Segmentlager angedeutet sind. Gegen die obere Mutter a_1 der Prüfstandwelle b legt sich der Druckkamm c_1 des zu untersuchenden Lagers, gegen die untere Mutter a_2 der Kamm c_2 des Gegendrucklagers. In das auf die Gründung abgestützte und an der Drehung verhinderte Lagergehäuse d ist eine Reihe von Preßöl-Druckstempeln e eingeschaltet, die, unter Druck gesetzt, die Gleitfläche f_1 dem oberen Kamm c_1, die Gleitfläche f_2 dem unteren Kamm c_2 näherbringen. Für rd. 300 t Gesamtbelastung ist in dem Stempelgehäuse ein Öldruck von rd. 320 at erforderlich, der mittels Handpumpe erzeugt wird. Im druckfreien Zustand ist die Welle am unteren Ende in einer Lagerpfanne abgestützt.

Allgemeiner Aufbau.

In der Ausführung des Versuchstandes, der in Abb. 4 und 5 durch Längsschnitt und Draufsicht, in Abb. 6 in der Ansicht dargestellt ist, trägt die Platte g das zu untersuchende Lager. Der untere Teil des auf die Gründung abgestützten Gehäuses h ist zur Kammer für das Peltonrad i ausgebildet, das durch die Düsen k beaufschlagt wird. Mittels der kleinen Handpumpe l werden die Druckstempel zur Erzeugung der gewünschten Lagerbelastung unter Druck gesetzt. Das ausrückbare Schneckenradvorgelege m wird von der Elektromotorwelle n aus angetrieben.

Ölkreislauf.

Der Kreislauf für das Versuchslager ist völlig getrennt von demjenigen für das Gegendrucklager. Das Frischöl in jedem Kreislauf wird von einer Zahnradpumpe aus dem Ölbehälter gesogen und über ein Filter und einen Kühler zwischen die Segmente des Lagers geführt; das abströmende erwärmte Öl geht unmittelbar zum Ölbehälter zurück. Durch zweckmäßig verteilte Drosselorgane in den Öl- und Kühlwasserleitungen lassen sich Menge und Temperatur des Frischöles in weiten Grenzen verändern, und zwar läßt sich die Menge bis auf null, die Temperatur auf denjenigen Betrag bringen, der dem Betrieb mit ruhendem Ölbad im Lagergehäuse entspricht.

Abb. 6. Versuchstand für große Axialdrucklager der Firma Fritz Neumeyer, A.-G., München.

Meßvorrichtungen.

Eine unmittelbare Trennung der auf das Versuchslager und auf das Gegendrucklager entfallenden Anteile an der gesamten, der Prüfstandwelle zugeführten Leistung ist nicht möglich. Die in erster Linie wichtige Reibungszahl des Versuchslagers erscheint aber nicht allein als Faktor der Reibungsarbeit des Lagers, sondern auch als Faktor der im Lager erzeugten Wärmemenge, die ihrerseits aus dem Temperaturunterschied des Schmieröles bei dessen Eintritt ins Lager und beim Austritt sowie aus der Schmierölmenge bestimmbar ist. Die Messungen beschränken sich demgemäß normalerweise neben der Bestimmung der Drehzahl auf genaue Temperaturmessung an den verschiedenen Stellen des Ölkreislaufes, auf Ölmengenmessungen mittels Eichgefäßes und auf Druckmessungen im Druckstempelgehäuse. Selbstverständlich lassen sich die Messungen aber auch auf andre Punkte, wie die Druck- und Temperaturverteilung über die Gleitflächen, Ölschichtdicke usw. ausdehnen.

Einige Versuchsergebnisse.

Bei Dauerversuchen mit hohen Lagerbelastungen machten sich die unvermeidlichen Leckverluste an den Druckstempeln e, Abb. 3 und 4, insofern störend bemerkbar, als die stundenlange Aufrechterhaltung hoher Drücke mittels der kleinen Handpumpe l die Bedienungsmannschaft stark ermüdete. Man beschränkte sich deshalb auf bequem einzuhaltende Gesamtbelastungen, und bei einigen Dauerversuchen wurden die höheren Werte der spezifischen Flächendrücke dadurch gewonnen, daß ein Teil der Tragstücke ausgebaut und die gesamte Lagerbelastung nur auf den Rest der Segmente verteilt wurde.

Die Zahlentafeln 1, 2 und 3 geben auszugweise die Versuchsergebnisse wieder, die an einem der 250 t-Lager für die „Mittlere Isar", A.-G., am 24., 26. und 31. Juli 1924 gewonnen wurden.

Dabei unterscheiden sich die Versuchsbedingungen der Reihe Nr. 147 bis 153 im wesentlichen nur durch die Anzahl der eingebauten Segmente, also durch die Höhe des spezifischen Flächendruckes, von denjenigen der Reihe Nr. 112 bis 122.

Zahlentafel 1. Versuchsergebnisse. Versuch am 24. Juli 1924.

Versuchsbedingungen: 1. Lagerbelastung 122 t. 2. 12 Segmente eingebaut; Tragfläche 9344 cm². 3. Mittlerer Lagerdurchmesser 1280 mm. 4. Spezifische Wärme des Öles $c = 0{,}4374$ (bei Beharrung). 5. Spezifisches Gewicht des Öles $\gamma = 0{,}904$ (bei Beharrung). 6. Viskosität 8,5 Engler bei 50 °C.

Nr.	Zeit	Ölmenge l/s	Öltemperaturen am Drucklager zum Lager °C	Öltemperaturen am Drucklager vom Lager °C	Öltemperaturen am Drucklager Unterschied °C	Öltemperaturen am Kühler zum Lager °C	Öltemperaturen am Kühler vom Lager °C	Öltemperaturen am Kühler Unterschied °C	Öldruck am Lager at	Öldruck am Kühler at	Uml./min	Kühlwasser-Temperaturen Eintritt °C	Kühlwasser-Temperaturen Austritt °C	Raumtemperatur °C	Bemerkungen
112	5^{30}	6,58	27,9	31,9	4,0	30,5	33, 9	3,4	1,30	2,1	155	13,5	19,0	21	Kühlwasserventil rd.
113	5^{45}	6,58	25,2	29,9	4,7	26,1	30,4	4,3	1,30	2,1	155	13,5	18,5	22	½ Gang geöffnet
114	6^{00}	6,31	25,3	29,0	3,7	25,2	30,2	5,0	1,35	2,2	150	13,5	18,0	22	
115	6^{15}	6,41	25,05	28,7	3.65	24,8	28,9	4,1	1,35	2,4	150	13,5	18,0	22	
116	6^{30}	—	24,8	27,55	2,75	24,6	29,6	5,0	1,37	—	—	—	—	—	
117	6^{35}	—	24,8	27,5	2,70	24,5	28,65	4,15	1,38	—	—	—	—	—	
118	6^{40}	—	24,7	27,4	2,70	24,42	28,6	4,18	1,39	—	—	—	—	—	
119	6^{45}	6,39	24,65	27,4	2,75	24,3	28,6	4,30	1,39	2,4	140	13,5	18,0	22,3	
			Thermometer vertauscht												
120	6^{50}	—	24,5	28,3	3,8	24,2	28,45	4,25	—	—	—	—	—	—	
121	6^{55}	—	24,5	28,3	3,8	24,05	28,4	4,35	—	—	—	—	—	—	Beharrungszustand
122	7^{00}	6,39	24,3	28,2	3.9	24,06	28,4	4,34	1,39	2,4	135	13,2	17,6	22,3	
			Mittelwerte im Beharrungszustand.												
		6,39	24,44	28,27	3,83	24,11	28,42	4,31	—	—	135	—	—	—	

Hieraus ergibt sich bei Vernachlässigung der Strahlungsverluste zwischen den Meßstellen am Drucklager folgende Reibungszahl im Beharrungszustand:

$$\mu = \frac{6{,}39 \cdot 0{,}904 \cdot 3{,}83 \cdot 0{,}4374 \cdot 427}{122\,000 \cdot 9.12} = 0{,}00372.$$

Unter sonst gleichen Versuchsbedingungen weist ferner die Reihe Nr. 165 bis 170 eine höhere Öltemperatur auf als die Reihe Nr. 147 bis 153.

Die Versuche Nr. 112 bis 170 sind mit einer Ölsorte durchgeführt, deren Viskosität zu rd. 8,5 Englergraden bei 50 °C ermittelt wurde. Dagegen betrug die Viskosität des für die Versuche Nr. 173 bis 190 verwendeten Öles nur rd. 2,7 Englergrade bei 50 °C.

Die aus den Versuchen ermittelten Reibungszahlen sind als recht günstig anzusprechen. Für den Vergleich der einzelnen Reibungszahlen ist, soweit es sich um Versuche mit verschiedenen Temperaturen des vom Lager abfließenden Öles handelt, zu beachten, daß die Strahlungsverluste zwischen den Meßstellen am Drucklager vernachlässigt sind.

Um sich über die Größenordnung des entsprechenden Meßfehlers ein Bild zu machen, sei noch folgende Über-

Zahlentafel 2. Versuchsergebnisse. Versuch am 26. Juli 1924.

Versuchsbedingungen: 1. Lagerbelastung 122 t. 2. 6 Segmente eingebaut; Tragfläche 4672 cm². 3. Mittlerer Lagerdurchmesser 1280 mm. 4. Spezifische Wärme des Öles $c_1 = 0{,}436$ bei Beharrungszustand 1, $c_2 = 0{,}4525$ bei Beharrungszustand 2. 5. Spezifisches Gewicht des Öles $\gamma_1 = 0{,}905$ bei Beharrungszustand 1, $\gamma_2 = 0{,}896$ bei Beharrungszustand 2. 6. Viskosität 8,5 Engler bei 50 °C.

Nr.	Zeit	Ölmenge l/s	Öltemperaturen am Drucklager zum Lager °C	Öltemperaturen am Drucklager vom Lager °C	Öltemperaturen am Drucklager Unterschied °C	Öltemperaturen am Kühler zum Lager °C	Öltemperaturen am Kühler vom Lager °C	Öltemperaturen am Kühler Unterschied °C	Öldruck am Lager at	Öldruck am Kühler at	Uml./min	Kühlwassertemperaturen Eintritt °C	Kühlwassertemperaturen Austritt °C	Raumtemperatur °C	Bemerkungen
147	4^{50}	—	23,1	27.0	3,9	23,4	27,25	3,85	—	—	—	—	—	—	
148	4^{55}	—	23,2	27,1	3,9	23,22	27,3	4.08	—	—	—	—	—	—	
149	5^{00}	4,57	23,2	27,1	3,9	23,4	27,25	3,85	2,0	3,0	155	13,5	18,3	17,0	
			Thermometer vertauscht												Beharrungszustand 1
150	5^{05}	—	23,2	27,1	3,9	23,42	27,2	3,78	—	—	—	—	—	—	
151	5^{10}	—	23,3	27,2	3,9	23,42	27,3	3,88	—	—	—	—	—	—	
152	5^{15}	4,45	23,3	27,2	3,9	23,3	27,35	4,05	2,0	3,0	152	13,5	18,3	16,3	
153	5^{20}	—	23,3	27,2	3,9	23,35	27,4	4,05	—	—	—	—	—	—	
			Mittelwerte für Beharrungszustand 1												
		4,52	23,24	27,14	3,9	23,36	27,29	3,93	—	—	153,5	—	—	—	
165	6^{20}	—	38,1	40,6	2.5	38,4	40,3	1,9	—	—	—	—	—	—	
166	6^{25}	—	38,2	40,8	2,6	38,4	40,3	1,9	—	—	—	—	—	—	
167	6^{30}	5,55	38,2	40.8	2,6	38,6	40,5	1,9	2,0	2,9	167	14,0	38,5	16,6	Beharrungszustand 2
168	6^{35}	—	38,2	40,9	2,7	38,54	40,62	2,08	—	—	—	—	—	—	
169	6^{40}	—	38,2	40.9	2,7	38.52	40,62	2,1	—	—	—	—	—	—	
170	6^{45}	5.55	38,1	40,8	2,7	38,3	40,4	2.1	—	3,0	168	14,0	38,5	—	
			Mittelwerte für Beharrungszustand 2												
		5.54	38,17	40,8	2,63	38,46	40,46	2,0	—	—	167,5	—	—	—	

Hieraus ergeben sich bei Vernachlässigung der Strahlungsverluste zwischen den Meßstellen am Drucklager folgende Reibungszahlen:

$$\text{für Beharrungszustand 1: } \mu_1 = \frac{4{,}52 \cdot 0{,}905 \cdot 3{,}9 \cdot 0{,}436 \cdot 427}{122\,000 \cdot 10{,}28} = 0{,}00\,236,$$

$$\text{für Beharrungszustand 2: } \mu_2 = \frac{5{,}54 \cdot 0{,}896 \cdot 2{,}63 \cdot 0{,}4525 \cdot 427}{122\,000 \cdot 11{,}2} = 0{,}00\,184.$$

Zahlentafel 3. Versuchsergebnisse. Versuch am 31. Juli 1924.

Versuchsbedingungen: 1. Lagerbelastung 122,5 t. 2. 6 Segmente eingebaut; Tragfläche 4672 cm². 3. Mittlerer Lagerdurchmesser 1280 mm. 4. Spezifische Wärme des Öles (nach Gebrauch gemessen) $c_1 = 0{,}4875$ bei Beharrungszustand 1, $c_2 = 0{,}550$ bei Beharrungszustand 2, $c_3 = 0{,}5875$ bei Beharrungszustand 3. 5. Spezifisches Gewicht des Öles (nach Gebrauch gemessen) $\gamma_1 = 0{,}8727$ bei Beharrungszustand 1, $\gamma_2 = 0{,}865$ bei Beharrungszustand 2, $\gamma_3 = 0{,}8622$ bei Beharrungszustand 3. 6. Viskosität 2,7 Engler bei 50 °C.

Nr.	Zeit	Öl-menge	Öltemperaturen am Drucklager			Öltemperaturen am Kühler			Öldruck			Kühlwassertemperaturen		Raum-tempe-ratur	Bemerkungen
		l/s	zum Lager °C	vom Lager °C	Unterschied °C	zum Lager °C	vom Lager °C	Unterschied °C	am Lager at	am Kühler at	Uml./min	Eintritt °C	Austritt °C	°C	
173	1^{00}	5,55	23,9	26,6	2,7	24,0	26,5	2,5	1,95	2,8	150	13,5	20,5	18,0	Beharrungszustand 1
174	1^{10}	5,45	23,9	26,6	2,7	23,95	26,5	2,55	2,00	2,8	153	13,5	20,5	18.0	
175	1^{15}	5,52	23,8	26,5	2,7	24,05	26,5	2,45	2,00	2,8	155	13,5	20,5	18,1	
Mittelwerte für Beharrungszustand 1															
		5,506	23,86	26,56	2,7	24,0	26,5	2,50	—	—	152,66	—	—	—	
180	3^{05}	6,26	38,3	40,0	1.7	38,4	39,6	1,2	1,6	2,3	174	16,0	39,3	20	Beharrungszustand 2
181	3^{0}	6,23	38,4	40.2	1,8	38,45	39,65	1,2	1,6	2,3	174	16,0	39,5	20	
182	3^{15}	6,29	38,6	40,4	1,8	38,60	39,90	1,3	1,6	2,3	174	19,0	39,5	20	
Mittelwerte für Beharrungszustand 2															
		6,26	38,43	40,2	1,77	38,48	39,72	1,24	—	—	174	—	—	—	
187	4^{30}	6,58	47,2	48,3	1,1	47,1	47,8	0,7	1,5	2,0	165	38,0	47,0	21;2	Beharrungszustand 3
188	4^{35}	6,45	47,2	48,3	1,1	47,3	47,9	0,6	1,5	2,0	165	38,0	47,0	21,3	
189	4^{40}	6,50	47,3	48,4	1,1	47,4	48,0	0,6	1,5	2,0	165	38,0	47,0	21,3	
190	4^{45}	6,48	47,3	48,5	1,2	47,4	48,1	0,7	1,5	2,0	165	38,0	47,0	21,3	
Mittelwerte für Beharrungszustand 3															
		6,5025	47,25	48,375	1,125	47,3	47,95	0,65	—	—	165	—	—	—	

Hieraus ergeben sich bei Vernachlässigung der Strahlungsverluste zwischen den Meßstellen am Drucklager folgende Reibungszahlen:

$$\text{für Beharrungszustand 1:}\quad \mu_1 = \frac{5{,}506 \cdot 0{,}4875 \cdot 0{,}8727 \cdot 2{,}7 \cdot 427}{122\,500 \cdot 10{,}23} = 0{,}002\,155\,;$$

$$\text{für Beharrungszustand 2:}\quad \mu_2 = \frac{6{,}26 \cdot 0{,}55 \cdot 0{,}865 \cdot 1{,}77 \cdot 427}{122\,500 \cdot 11{,}68} = 0{,}001\,570\,;$$

$$\text{für Beharrungszustand 3:}\quad \mu_3 = \frac{6{,}5025 \cdot 0{,}5875 \cdot 0{,}8622 \cdot 1{,}125 \cdot 427}{122\,500 \cdot 11{,}08} = 0{,}001\,160\,.$$

schlagrechnung angestellt: Die nach der Raumluft ausstrahlende Oberfläche des Versuchlagers beträgt reichlich gerechnet 6 m²; eine Ausstrahlung nach dem darunterliegenden Versuchstand kommt nicht in Frage, weil schon nach kurzer Versuchdauer die zwischen dem Versuchlager und dem Gegendrucklager liegenden Maschinenteile die Lagertemperatur annahmen.

Der Wärmeübergang vom Versuchlager an die Raumluft wird zweifellos nicht unterschätzt, wenn als Lagertemperatur die Temperatur des aus dem Lager abfließenden Öles eingesetzt wird. Die zugehörigen Wärmeübergangzahlen können der „Hütte", 22. Aufl. Bd. 1 S. 382, nach Nusselts Versuchen entnommen werden, z. B. für den Beharrungszustand 1 in Zahlentafel 2, d. h. für ein Temperaturgefälle von rd. 10°, zu α = rd. 3,8. Damit bestimmt sich die sekundlich durch Strahlung abgeführte Wärmemenge für den ebengenannten Beharrungszustand zu:

$$Q = 3{,}8 \cdot 6 \cdot \frac{1}{3600} \cdot 10 = 0{,}063 \text{ kcal.}$$

Die zugehörige im Öl abgeführte Wärmemenge aber ist:

$$4{,}52 \cdot 0{,}905 \cdot 3{,}9 \cdot 0{,}436 = 6{,}96 \text{ kcal.}$$

Es ergibt sich also dann

$$\frac{\text{durch Strahlung abgeführte Wärmemenge}}{\text{im Öl abgeführte Wärmemenge}} = 1 \text{ vH (für Versuchsreihe 147 bis 153).}$$

In ähnlicher Weise lassen sich die Strahlungsverluste der übrigen Versuchsreihen überschlagen. Das Verhältnis wird:

= rd. $^1/_3$ vH für Versuchsreihe 112 bis 122,
= „ 3 „ „ „ 165 „ 170,
= „ 1 „ „ „ 173 „ 175,
= „ 3 „ „ „ 180 „ 182,
= „ 6 „ „ „ 187 „ 190.

Die Strahlungsverluste sind also jedenfalls so gering, daß sie das günstige Urteil bezüglich der absoluten Höhe der Reibungszahlen nicht beeinflussen können. Beim Vergleich der mit verschiedenen Öltemperaturen gewonnenen Reibungszahlen vermögen sie aber immerhin das Bild etwas zu verschieben, und zwar zugunsten der niedrigeren Öltemperaturen.

Wie zu erwarten war, ergeben unter sonst gleichen Bedingungen die Versuche mit niedriger Viskosität des Öles etwas bessere Reibungszahlen als die Versuche mit dickflüssigem Öl. Es wird aber doch in jedem einzelnen Fall ernstlich zu prüfen sein, ob der Gewinn die erhöhte Betriebsicherheit aufzuwiegen vermag, die mit der Verwendung eines Öles von hoher Viskosität namentlich bezüglich der Anlauf- und Auslaufvorgänge zweifellos erkauft wird.

Das für die Versuche Nr. 112 bis 170 verwendete Öl hat anstandslos Dauerbetrieb mit der kleinstmöglichen Umfangsgeschwindigkeit der Lauffläche, d. h. bis zu 0,1 m/s herab zugelassen.

Auch das Gegendrucklager mit nur rd. 3300 cm² Tragfläche hat sämtliche Versuche ohne Schwierigkeit durchgehalten.

Von den sieben zur Lieferung von Fritz Neumeyer, A.-G., gehörigen 250 t-Lagern stehen zwei Stück seit einigen Monaten mit vollem Erfolg und ohne die geringste Störung im Dauerbetrieb. [B 901]

Die Normung und der Unterricht an Technischen Schulen.

I. Einführung der Normen in den Unterricht.

Vorgetragen in der Fachsitzung „Erziehungswesen" der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Augsburg 1925.

Von Oberstudiendirektor C. Volk, Privatdozent an der Technischen Hochschule Berlin.

Auswahl, Kürzung und Zusammenfassung der Normblätter — Veranschaulichung, Gegenüberstellung und Vorbilder — Normung und Konstruktionsunterricht.

1. Einleitung.

Die Normungsarbeit, die in fast 1000 endgültigen Normblättern ihren äußeren Ausdruck gefunden hat und die nun langsam, aber mit wachsender Geschwindigkeit in die Praxis eindringt, übt auch auf den Unterricht an den Technischen Schulen ihren zwingenden Einfluß aus. Je nach dem Grade der Schule wird dieser Einfluß verschieden sein. Die Hochschule wird die wirtschaftliche Bedeutung der Normung, ihren organisatorischen Wert, ihren Werdegang stärker beachten und die künftigen Führer auf dem Gebiete der Normung auch mit kritischem Rüstzeug ausstatten müssen. Die Fachschulen werden sich hauptsächlich mit der Maßnormung und ihrem Zusammenhang mit Konstruktion und Herstellung beschäftigen und die Schulen zur Ausbildung des Facharbeiters, die den Arbeiter mit der Sprache des Ingenieurs vertraut machen sollen, werden die vielen Veränderungen, die diese Sprache durch die Normen erfahren hat, ihren Schülern übermitteln müssen. Darüber hinaus wird durch Auswahl, Kürzung und Zusammenfassung das Normenwerk in eine für die Schulen geeignete Form zu bringen sein. Sonst wird der in den Normen ruhende Segen durch seine Fülle zum Unsegen.

Veranschaulichung, Gegenbeispiel und Vorbild sind weitere Mittel, den Unterricht fruchtbringend zu gestalten. Um aber Raum für die vertiefte Behandlung der Normen zu gewinnen, müssen für den Konstruktionsunterricht zeitsparende Wege gefunden werden, die gleichzeitig manche Bindung, die die Normen mit sich bringen, ausgleichen, und die ermöglichen, wirtschaftlich arbeitende Konstrukteure zu erziehen.

2. Auswahl, Kürzung und Zusammenfassung.

Die Schulen befinden sich den Normen gegenüber in einer ähnlichen Lage wie das Normenbureau einer kleineren Firma oder Werkabteilung. Stellt man z. B. im Konstruktionsunterricht über Hebemaschinen das Normblatt DIN 3 (Normaldurchmesser) ohne jede Einschränkung zur Verfügung, so geht der erzieherische Wert des Normungsgedankens völlig verloren. Der Zwang, sich mit Rücksicht auf die Werkzeuge auf möglichst wenige Paßdurchmesser zu beschränken, kommt kaum zur Geltung, da DIN 3 für den ganzen deutschen Maschinenbau von der Feinmechanik bis zur größten Druckwasserpresse bestimmt ist und daher von 1 bis 100 nicht weniger als 82 Durchmesser aufweist. Freilich ist die Schule in einer weit schwierigeren Lage als das Konstruktionsbureau einer kleinen Firma; denn in der Schule ist eine ganze Reihe von Gebieten zu behandeln, nebeneinander und nacheinander.

Die Auswahl kann nun so erfolgen, daß man Maße, die möglichst nicht benutzt werden sollen, einklammert, oder Maße, die vorzugsweise zu verwenden sind, mit einem besonderen Zeichen versieht, Zahlentafel 1.

Bei den meisten Maßnormen stehen die Maßzahlen in Kästchen. Es ist üblich geworden, die Ecken der Kästchen schwarz anzulegen oder mit einem Strich zu versehen. Die schwarze Ecke bedeutet, daß der betreffende Normteil in der gekennzeichneten Größe auf Lager und

Deutscher Ausschuß für Technisches Schulwesen

Lehrmittelstelle, Abt. B

Gruppe G	Volk-Behr: Whitworth-Gewinde	Blatt G 1 2. Auflage

Whitworth-Gewinde mit Spitzenspiel (DIN 12)

d = Gewindedmr. des Bolzens — Steigung $h = \frac{25{,}40095}{z}$

d_1 = Kerndmr. des Bolzens — $t = 0{,}96049 \cdot h$

d_2 = Flankendmr. des Bolzens — Gewindetiefe $t_1 = 0{,}56633 \cdot h$

z = Gangzahl auf 1″ — Tragtiefe $t_2 = 0{,}49233 \cdot h$

Kernquerschnitt des Bolzens $d_1^2 \frac{\pi}{4}$ — $r = 0{,}13733 \cdot h$; $a = 0{,}074 \cdot h$

Nenndmr. gleich Gewindedmr. der Mutter D

Abgekürzte Bezeichnung z. B. für 2½″ Nenndurchmesser: 2½″

Nenndmr. =	½″	⅝″	¾″	⅞″	1″	1⅛″	1¼″	1⅜″	1½″	1⅝″	1¾″	2″	2¼″	2½″
z =	12	11	10	9	8	7	7	6	6	5	5	4½	4	4
d_1 =	9,99	12,92	15,80	18,61	21,34	23,93	27,10	29,51	32,68	34,77	37,95	43,57	49,02	55,37
$d_1^2 \frac{\pi}{4}$ cm² =	0,78	1,31	1,96	2,72	3,58	4,50	5,77	6,84	8,39	9,50	11,31	14,91	18,87	24,08

Nenndmr. =	2¾″	3″	3¼″	3½″	3¾″	4″	4¼″	4½″	4¾″	5″	5¼″	5½″	5¾″	6
z =	3½	3½	3¼	3¼	3	3	2⅞	2⅞	2¾	2¾	2⅝	2⅝	2½	2½
d_1 =	60,56	66,91	72,54	78,89	84,41	90,76	96,64	102,99	108,83	115,18	121,0	127,3	133,0	139,4
$d_1^2 \frac{\pi}{4}$ cm² =	28,80	35,16	41,33	48,89	55,96	64,70	73,35	83,31	93,01	104,2	114,9	127,3	139,0	152,6

Whitworth-Feingewinde 1 [von 56 bis 449 Dmr. (DIN 239)]

Abgekürzte Bezeichnung z. B. für D = 68 und ¼″ Steigung: W 68 × ¼″

D = 56 60 64 68 72 76 80 84 89 bis 299 (Endziffern …4, …9)
D = 309 319 329 bis 499 (Endziffer …9)

Gangzahl z für alle Durchmesser:
4 Gang auf 1 Zoll

Abstufung für alle Durchmesser
a = 0,47 mm
$b = a + t_1$ = 4,067 mm

Whitworth-Feingewinde 2 [von 20 bis 189 Dmr. (DIN 240)]

Abgekürzte Bezeichnung z. B. für D = 68 und ⅛″ Steigung: W 68 × ⅛″

D = 20 22 24 27 30 33 36 39 42 45 48 52 56 60 64 68 72 76 80 84 bis 189 (Endziffer …4, …9)

Nenndmr. D	Gangzahl z	a mm	b mm
20 bis 33	10	0,188	1,626
36 „ 52	8	0,235	2,033
56 „ 189	6	0,318	2,711

Abb. 1. Zusammenfassung mehrerer gekürzter Gewindenormblätter auf einem Blatt der Größe A 5.

Zahlentafel 1. Verschiedene Kennzeichnung von Größen.

Länge l	38	(38)	(38)	(38)
	40	40	40	40
	42	(42)	(42)	(42)
	45	45	45	45
		(48)	(48)	(48)
		50	50	50

Eingeklammerte Maße nicht verwenden.

Breite b	◤ 50	◤ 50	◤ 50	◤ 90	◤ 90	◤ 90
	╱ 55	55	╱ 55	95	95	95
	◤ 60	◤ 60	◤ 60	◤ 100	◤ 100	◤ 100
	65	65	65	105	105	105
	◤ 70	◤ 70	◤ 70	╱ 110	╱ 110	110
	75	75	75	115	115	115
	◤ 80	◤ 80	◤ 80	◤ 120	◤ 120	◤ 120
	85	85	85	125	125	125

◤ bedeutet: Normteil auf Lager;
╱ bedeutet: Normteil nicht auf Lager, aber verwendbar.

daher vorzugsweise zu verwenden ist. Ein Strich in der Ecke besagt, daß die betreffende Größe zwar nicht auf Lager ist, aber verwendet werden kann. (Die Verwendung aller vier Ecken zur Angabe des Werkstoffes wird für Schulen nicht zu empfehlen sein.)

D.A.T.Sch. 1925 — **Keiltafel** — Zusammenfassung von DIN 141, 142, 143 u. 269 — **K1**

Für Wellen-durchmesser D	Breite b für Keile u. Federn	Höhe h für Treib-, Einlege-, Nasenkeile, Paß- u. Gleitfedern	Höhe h für Flach- u. Nasenflachkeile	S für Hohl- u. Nasenhohlkeile	Nabennuttiefe für Keile (Nennmaß)	Nabennuttiefe für Federn (Kleinstmaß)	Wellennuttiefe
10 bis 12	4	4			D + 1,5	D + 1,7	2,5
über 12 " 17	5	5			D + 2	D + 2,2	3
" 17 " 22	6	6			D + 2,5	D + 2,7	3,5
" 22 " 30	8	7	4	3	D + 3	D + 3,2	4
" 30 " 38	10	8	5	3,5	D + 3,5	B + 3,7	4,5
" 38 " 44	12	8	5	3,5	D + 3,5	D + 3,7	4,5
" 44 " 50	14	9	5	4	D + 4	D + 4,5	5
" 50 " 58	16	10	6	5	D + 5	D + 5,2	5
" 58 " 68	18	11	7	5	D + 5	D + 5,3	6
" 68 " 78	20	12	8	6	D + 6	D + 6,3	6
" 78 " 92	24	14	9	7	D + 7	D + 7,3	7
" 92 " 110	28	16	10	8	D + 8	D + 8,3	8
" 110 " 130	32	18	11	9	D + 9	D + 9,3	9
" 130 " 150	36	20	13	10	D + 10	D + 10,3	10
" 150 " 170	40	22	14		D + 11	D + 11,3	11
" 170 " 200	45	25	16		D + 12	D + 12,3	13
" 200 " 230	50	28	18		D + 14	D + 14,3	14
" 230 " 260	55	30			D + 15	D + 15,3	15
" 260 " 290	60	32			D + 16	D + 16,4	16
" 290 " 330	70	36			D + 18	D + 18,4	18
" 330 " 380	80	40			D + 20	D + 20,4	20
" 380 " 440	90	45			D + 22	D + 22,4	23
" 440 " 500	100	50			D + 25	D + 25,4	25
		DIN:	DIN:	DIN:	DIN:	DIN:	DIN:
		141	142	143	141	269	141
		269			142		269
					143		

Abb. 2. Zusammenfassung mehrerer Normblätter auf einem Blatte kleinerer Größe.

Abb. 3. Anschluß der Prüf- und Abnahmelehren an die Arbeitslehren. Beispiel 60 mm Dmr.; Laufsitz, Einheitsbohrung, Feinpassung.

Bei der Kürzung eines Normblattes werden einige Maße oder Spalten ganz fortgelassen. Vielleicht kommt dem Benutzer eines gekürzten Blattes der sehr wertvolle Gedanke, daß er nur einen Ausschnitt aus einer reichen Fülle vor sich hat, nicht genügend zur Geltung, aber die Vorteile überwiegen doch die Nachteile. Das Blatt wird übersichtlicher, man kann es bequem auf das Format A 5 bringen, ja oft 3 oder 4 Normblätter vom Format A 4 auf einem Blatt 148 × 210 darstellen. Dabei ist nicht die Papierersparnis das Wesentliche, sondern daß der Konstrukteur auf einen Blick mehrere Normblätter übersieht und sie rasch miteinander vergleichen kann.

Das Gesagte sei noch an einigen Beispielen erläutert. Der Weg der Kürzung ist bei den Fachnormen und Werknormen längst beschritten. So enthält z. B. das Blatt Lo Norm 10, das innerhalb der deutschen Lokomotivnormen dem vorhin erwähnten Blatt über Normaldurchmesser entspricht, zwischen 1 und 100 nur 27 Paßdurchmesser.

Aus Abb. 1 geht hervor, daß sich die wichtigsten Angaben der Normblätter DIN 12, 239 und 240 über Whitworth-Gewinde und Feingewinde gekürzt auf sehr engem Raum unterbringen lassen. Beim Whitworth-Gewinde ist der Kernquerschnitt angegeben, bei den Feingewinden die für den Konstrukteur besonders wichtige Abstufung (halber Durchmesserabfall). Natürlich reichen diese Angaben nicht für die Werkstatt aus, falls es sich um die Anfertigung der Werkzeuge handelt; aber die für die Herstellung maßgebenden Gesichtspunkte müssen ja auch im Unterricht an andrer Stelle und mit andern Hilfsmitteln ausführlich erörtert werden. Ein andrer Grundsatz sei an Hand der Abb. 2 gezeigt. Hier sind einige Spalten aus den Blättern DIN 141, 142, 143 und 269 zu einem neuen Blatt vereinigt, das die Maße und Anwendungsbereiche der verschiedenen Keile und Federn in übersichtlicher Anordnung enthält.

3. Veranschaulichung, Gegenüberstellung und Vorbilder.

Der Normenausschuß selbst hat bei seinen Arbeiten oft das Wort und die Zahl durch das Bild ersetzt. Viele dieser Darstellungen sind für den Unterricht ohne weiteres brauchbar, in manchen Fällen wird eine Ergänzung will-

Abb. 5.

Zahlenwerte für 60$^\phi$ Laufsitz, Einheitsbohrung:

OA = oberes Abmaß der Bohrung = 0,030 mm
UA = unteres " " " = 0,000 mm
T_B = Toleranz " " = 0,030 mm

Herstellungsgenauigkeit der Bohrungs-Arbeitslehre $h' = h'' = 0{,}0065$ mm
" " Prüf-Rachenlehre $h'' = 0{,}005$ mm
" " Abnahmelehre $h_0 = 0{,}0065$ mm

Zulässige Abnutzung der Gutseite (Arbeitslehre) $a' = 0{,}007$ mm

Abb. 4.

Abb. 4 und 5. Anschluß der Prüf- und Abnahmelehren an die Arbeitslehren.

kommen sein. So zeigt Abb. 3 den Anschluß der Prüf- und Abnahmelehren an die Arbeitslehren. Noch anschaulicher ist Abb. 4. Einen Schritt weiter geht Abb. 5, die einen Ausschnitt aus einer vom Verfasser für den Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen entworfenen Tafeln darstellt.

Die Gegenüberstellung: „falsch oder richtig", ist für den Unterricht von hoher Bedeutung. Namentlich dort, wo die neuen Vorschriften von den alten nicht wesentlich abweichen, wo also ein Beharren in der alten Gewohnheit besonders naheliegt, wird dieses Mittel anzuwenden sein. Abb. 6 zeigt ein Beispiel aus dem Gebiete der Maßeintragung, während Abb. 7 einen Verstoß gegen DIN 250, 613 3 und 240 erkennen läßt.

Folgt aus Abb. 6 und 7 der Gegensatz zwischen falsch und richtig, so sollen die Vorbilder durch ihre mustergültige und normgerechte Ausführung zur Nachahmung anspornen. Der Deutsche Ausschuß ist bemüht, derartige Zeichnungen herauszugeben. Diese Aufgabe ist ziemlich schwierig, da auch die von den Firmen zur Verfügung gestellten Zeichnungen nicht immer sofort als Vorbilder brauchbar sind. Zum Teil sind manche Konstruktionen vor der Normung entstanden, zum Teil sind die

Abb. 7. Enthält Verstöße gegen folgende Normblätter:

DIN 250 Rundungen: r am Kugellager = 3 mm, somit
DIN 613 Querlager: r an der Welle < 3 mm, z. B. 1,5 mm, Wellenschulter > 3 (Kugellager muß mit Seitenfläche, nicht mit Abrundung anliegen);
DIN 3 Normaldmr.: 56 ist kein Normaldmr.
DIN 240 Whitworth-Feingewinde 2: Kerndmr. des Gewindes = 60 − 2 × 2,711 = 54,58 (vergl. Abb. 1, Bl. G 1); das Gewinde läßt sich daher nicht schneiden.

D.A.T.Sch. 1925 — **Eintragen von Toleranzen und Passungskurzzeichen.** — A 13

1. Falsch	2. Bemerkungen zu 1	3. Richtig
$50^{\phi\,+0,1}_{\,+0,3}$	Abmaße stehen verkehrt. (Oberes Abmaß, das mit dem Nennmaß das Größtmaß ergibt, muß oben stehen.)	$50^{\phi\,+0,3}_{\,+0,1}$
$50^{\phi\,-0,4}_{\,-0,2}$		$50^{\phi\,-0,2}_{\,-0,4}$
$50^{\phi\,+0,2}_{\,+0}$	Abmaß 0 nicht angeben.	$50^{\phi\,+0,2}$
$50^{\phi}-0,3$	Falsche Schreibweise. (Kann zu Verwechslung Anlaß geben.)	$50^{\phi}_{-0,3}$
$50^{\phi\,+0,1}_{\,-0,1}$	" "	$50^{\phi}\pm 0,1$
25^{ϕ} 0,2 / 0,1	Vorzeichen der Abmaße dürfen nicht von Körperkanten usf. geschnitten werden.	$25^{\phi\,-0,1}_{\,-0,2}$
$25^{\phi\,+0,2}$, $45^{\phi\,-0,2}_{\,-0,3}$	Wohin gehört das Abmaß −0,2?	$25^{\phi\,+0,2}$, $45^{\phi\,-0,2}_{\,-0,3}$
$50^{\phi}W$	Zeichen W tief stellen!	50^{ϕ}_{W}
$50^{\phi}S$	Zeichen bei Bohrungen (EW) hoch, bei Wellen (EB) tief stellen.	$50^{\phi\,S}$, 50^{ϕ}_{S}
$50^{\phi}GW$	Die Grobwelle hat das Zeichen gW (tief), die Gleitsitzwelle, die mit der Bohrung B den Gleitsitz bildet, das Zeichen G (tief).	50^{ϕ}_{gW}, 50^{ϕ}_{G}
40^{ϕ}_{F}	Das Kurzzeichen bei Bohrungen hoch stellen.	$50^{\phi\,F}$
35^{ϕ}_{F}	Bei ineinander gezeichneten Teilen Kurzzeichen für Bohrung u. Welle getrennt angeben!	35^{ϕ} Bohrg. F / Welle W
$35^{\phi\,W}/_{L}$	Nicht zulässig, kann zu Verwechslungen führen.	35^{ϕ} Bohrg. L / Welle W
40^{ϕ}_{S}, 20^{ϕ}_{S}	Gehört S zu 40 oder 20?	40^{ϕ}, $20^{\phi\,S}$

Abb. 6. Darstellung von „Falsch" und „Richtig".

Abb. 8. Pumpengehäuse, nach der Normung.

Firmen selbst noch in der Umstellung begriffen oder verwenden neben den DI-Normen noch ihre früheren Werknormen. Besonders wertvoll sind Vorbilder, denen die gleiche Konstruktion vor der Normung gegenübergestellt wird, Abb. 8 und 9[1]).

Hieraus läßt sich der Einfluß der Normung auf die Gestaltung, auf die Verringerung der Teile, der Werkzeuge, der Lagerhaltung auf Herstellung- und Gestehungskosten sehr klar erkennen. Doch kann auf diese Gesichtspunkte hier nicht näher eingegangen werden.

4. Normung und Konstruktionsunterricht.

Es wurde schon vorhin angedeutet, daß das gesamte Gebiet der Normung sich auf verschiedene Unterrichtszweige verteilt. Die Hauptlast werden aber bei der Einführung wohl der Unterricht über Maschinenelemente und das vorangehende technische Zeichnen zu tragen haben. Dabei denke ich nicht nur an die Zeichnungsnormen, die sich durch ihre glückliche Fassung und durch das DIN-Buch über Zeichnungen sehr rasch eingebürgert haben, sondern in erster Linie an die übrigen Normen und die Verwendung der Normteile beim Konstruieren. In diesem Zusammenhang sei auf Abb. 10 verwiesen, die an einem recht einfachen Beispiel zeigt, in wie hohem Maße der Konstrukteur die Normen beachten muß.

Soll nun die Zeit für die Behandlung der Normen erübrigt werden und soll anderseits durch die vielen Vorschriften und Angaben der Normen die freie konstruktive Tätigkeit nicht beengt werden, so wird der Konstruktionsunterricht manche Änderung erfahren müssen. Dabei möge gleich auf eine andre Gegenwartsfrage eingegangen werden. Es wird — unter dem Eindruck amerikanischer Reiseberichte — von einem Gegensatz zwischen Konstruktion und Produktion gesprochen, der nicht vorhanden ist, falls man es als die Aufgabe des Konstrukteurs ansieht, die Gestal-

[1]) Nach einer Veröffentlichung von Dr.-Ing. Koch im „Praktischen Maschinenkonstrukteur".

Abb. 9. Pumpengehäuse, ältere Zeichnung vor der Normung.

tung unter Berücksichtigung der Berechnung, der Herstellung, des Zusammenbaues, der Betriebsanforderungen und der Besonderheiten des Auftrages durchzuführen. Ich habe schon an anderer Stelle[1]) ausgeführt, daß sich die Tätigkeit des Konstrukteurs gerade jetzt in einer gefährlichen Übergangzeit befindet. Gelingt es dem neu heranwachsenden Geschlecht und seinen Lehrern nicht, einen Stand von Konstrukteuren zu schaffen, dessen Mitglieder das erforderliche Maß von Wissen und Können, von Kenntnissen und Erfahrungen in einer Person vereinigen, so wird bald eine unerwünschte Arbeitsteilung eintreten, die letzten Endes für das freudige und zweckbewußte Schaffen des einzelnen ebenso nachteilig ist wie für die Industrie.

Arbeitsteilung am gleichen Werkstück läßt sich nur bei Arbeiten durchführen, die zeitlich aufeinander folgen. Das Gestalten ist ein einheitlicher Vorgang, der sich nicht in eine Art Bandarbeit auflösen läßt. Man kann — falls Art und Umfang der Produktion zu einer Trennung zwingen — den Vorentwurf, die Berechnung und den endgültigen Entwurf der ganzen Maschine von der Gestaltung der Einzelteile trennen, nicht aber diese Gestaltung von der Rücksicht auf die Herstellung. Überwiegen die Herstellungsbedingungen, so wäre dem Fabrikationsbureau die ganze Einzelteilkonstruktion zuzuweisen. Der im Fabrikationsbureau tätige Teilkonstrukteur müßte aber auch nunmehr die Fähigkeit besitzen, seine Arbeiten in jeder Beziehung „werkstattreif" fertigzustellen.

Es sei betont, daß die Fabrikation nur die Fortsetzung oder die Erfüllung des Gestaltens ist. Lange bevor der Former das Modell einformt und lange bevor der Fräser das Gußstück aufspannt, muß der im obigen Sinne schaffende Konstrukteur vor seinem Zeichenbrett in Gedanken all diese Arbeiten ausführen, muß er an den Kern denken und an das Ausheben aus der Form, an den Auslauf des Fräsers, an die Gefahr des Verspannens, an Messen und Revision.

Und nun zur Frage: Wie soll der erlernbare Teil dieses Konstruierens, das natürlich die Vorstufe zum Entwerfen ganzer Maschinen ist, gelehrt werden?

Der Unterricht beginnt heute fast immer mit dem Zeichnen und führt dann allmählich zum Gestalten. In den ersten drei Halbjahren wird das Gestalten ziemlich ausschließlich an den Maschinenteilen im engeren Sinn, also an den normalen Triebwerkteilen, Hähnen, Ventilen und Schiebern geübt, später treten die Elemente der Kraft- und Arbeitsmaschinen hinzu.

Nun sind gerade die Lager, die Ventile usw. bereits zu feststehenden Bauarten erstarrt. Es ist richtig, daß sie für den Schüler neu sind und daß die Konstruktion eines Lagers für ihn ebenso eine schöpferische Tat bedeuten kann wie die Konstruktion eines Teiles nach Abb. 13 oder 15, aber in 90 von 100 Fällen überwiegt doch die Nachahmung.

Abb. 10. Motorwelle als Beispiel für Normungsfragen.
Bei der Konstruktion sind zu beachten:
Normen über Werkstoffe, Zeichnungen, Passungen;
ferner: DIN 250 — Rundungen
DIN 3 — Normaldurchmesser
DIN 254 — Kegel
DIN 242 — Metrisches Feingew. 2
DIN Kr. K. Flache Sechskantmuttern, Feingew.
DIN 127 — Federringe
DIN 141 u. 490 — Keile
DIN 496 — Paßfedern
DIN 613 — Kugellager
DIN VDE 2702 — Wellenstümpfe.

Abb. 11. Schulbeispiel: Festlegung der Sitze an einer Kurbelwelle (Einheitswelle) und an einer Drehbankspindel (Einheitsbohrung).

Abb. 12. Schulbeispiel: Entwurf eines Rohrkrümmers mit Fuß und Rohranschlüssen.

[1]) Vgl. Volk, Das Maschinenzeichnen des Konstrukteurs. Berlin 1924, Julius Springer.

Auch sei erwähnt, daß sich in vielen Fällen, so bei den Lagerkörpern und Lagerböcken unsrer ersten Firmen, die Form von der Zeichnung frei gemacht hat, daß dort Formen üblich sind, die ein für die Schönheit technischer Gebilde besonders empfänglicher Ingenieur am Modell entwickelt hat.

Der Konstruktionsunterricht soll daher nicht an der Hand von Maschinenelementen, sondern von Konstruktionselementen durchgeführt werden. Beide Begriffe decken sich nur teilweise. So besteht ein Ventil aus einer ganzen Reihe von Konstruktionselementen (Spindel, Ventilkörper, Stopfbüchse usw.), während sehr wichtige Konstruktionselemente, z. B. Hebel, Gabelauge, Führungen, Nachstellungen, Stützungen, Gehäuseformen, Anschlüsse usw. bei den Maschinenteilen kaum behandelt werden können.

Im nachfolgenden wird Herr Dipl.-Ing. Erkens aus seiner Unterrichtserfahrung heraus über Einzelheiten berichten. Im 3. und 4. Halbjahr soll den Werkstattzeichnungen hin und wieder der Bearbeitungsplan, die Kalkulation und der Entwurf der erforderlichen Vorrichtungen hinzugefügt werden. Dem Konstruktionsunterricht fällt die schwere Aufgabe zu, den an andrer Stelle und zu andrer Zeit dargebotenen Unterrichtstoff zusammenzufassen und dem jungen Konstrukteur einzuhämmern, daß er nicht auf Grund seiner Rechnung eine Zeichnung anzufertigen hat, sondern ein Werkstück, daß er — um ein von Riedler geprägtes Wort zu gebrauchen — ein „Eisenbildhauer" ist, dessen Werke Form und Gestalt annehmen, durch Werkstätten wandern und mit Maschinen kreisen und den „erfahrnen Bildner" loben sollen.

II. Aus dem Unterricht im technischen Zeichnen.

Von Dipl.-Ing. A. Erkens, Berlin.

Die Schaffung der Normen kann niemals die konstruktive Tätigkeit überflüssig machen. Die Normen sind nur Hilfsmittel, die zum Handwerkzeug des Konstrukteurs gehören. Die Konstruktion ist eine Kunst, deren Elemente zwar erlernbar, deren beste Ausübung aber schöpferische Gestaltungskraft voraussetzt.

Die Durchführung eines in diesem Sinn aufgefaßten Konstruktionsunterrichtes geschah im zweiten Halbjahre des Lehrganges an einer höheren Maschinenbauschule. Vorausgegangen ist ein halbjähriger Zeichenunterricht mit Vortrag über Passungen und Anwendung der DI-Normen. Wie aus Abb. 11 bis 16 zu entnehmen ist, ist mit Ausnahme der Aufgabe 1, die einleitenden Charakter hat, so vorgegangen worden, daß gestellte Aufgaben immer erst perspektivisch gelöst werden mußten. Der Schüler ordnet damit seine Gedanken. Zur Entwicklung des Formbildungsvermögens ist jede mögliche Lösung offen. Nach Durchsprache der Hauptgesichtspunkte für Bildung der günstigsten Lösung folgt der vorläufige, darauf der durchgeführte Entwurf. Im Zusammenhang damit werden Fragen, wie Bearbeitungsverfahren, Anreißen, Aufspannen des Gußstückes, Einformmöglichkeiten, Modell- und Kernherstellung, Gesenkausbildung sowie Schmiedeverfahren usw. besprochen und ihr Einfluß auf die ganze Lösungsform betrachtet. Gestreift wird die Abhängigkeit der gefundenen Konstruktion von der Menge der herzustellenden Teile. Der Konstruktionsunterricht ist zu ergänzen durch den theoretischen Unterricht in Maschinenelementen, deren Berechnung mit Rücksicht auf die Gestaltung der Teile gelehrt wird. Bei Besichtigungen von Anlagen, Werken und Ausstellungen ließen sich einige beachtenswerte Konstruktionen herausgreifen, deren Grundgedanken nachgegangen wurde.

Abb. 13.

Abb. 14.

Abb. 13 und 14. Schulbeispiele: Verschiedene nicht durchgeführte Entwürfe eines Führungsarmes.

Aufgabe 1, Abb. 11: Für die Kurbelwelle einer Fördermaschine sowie die Arbeitspin-

del einer Drehbank, deren Abmessungen gegeben sind, sind die Sitze festzulegen, bei Durchführung in Einheitsbohrung und Einheitswelle. Dieses Blatt dient, ergänzt durch einen Vortrag über die Anwendung der Passungen in der Praxis, als Einführung in den Konstruktionsunterricht.

Aufgabe 2, Abb. 12: Krümmer von gegebenem Durchmesser, Werkstoff Gußeisen, ist mit Fuß zu versehen und für Anbringung eines Thermometers einzurichten; außerdem sind zwei verschiedene Rohranschlüsse zu schaffen, von denen der eine das Abbauen des anzuschließenden Rohres ohne Verschiebung in der Rohrachse ermöglichen soll. Von Festigkeitsrechnungen ist hier abgesehen worden. Es ist nur Wert gelegt auf Formgebung und knappste Anpassung an die gestellten Bedingungen.

Aufgabe 3, Abb. 13 und 14: Entwurf eines Führungsarmes aus Gußeisen, bei dem Durchmesser der Führung sowie Abstand von einer runden Wand gegeben sind. Außerdem ist die Ausbildung des Wandanschlusses sowie die Sicherung des beim Zusammenbau anzupassenden Armes durchzuarbeiten. Unter der Annahme von Betriebsbedingungen sind die Festigkeitsrechnungen hierbei durchgeführt. Die Abbildungen zeigen verschiedene nicht durchgeführte Entwürfe.

Aufgabe 4, Abb. 15 und 16: Vorderachse, Achsschenkel, Lenk- und Steuergestänge eines Personenwagens sind zu gestalten[1]). Gegeben sind die notwendigen Hauptabmessungen. Die Aufgabe ergab sich an der Hand eingehender Besichtigung und Besprechung der letzten Automobilausstellung. Abb. 15 zeigt einen durchgeführten Entwurf, Abb. 16 die Werkstattzeichnungen eines andern Entwurfes. Auf Grund von Angaben der Firmen sind die Teile rechnerisch nachgeprüft worden.

Abb. 15. Schulbeispiel: Durchgeführter Entwurf von Teilen eines Personenkraftwagens.

Abb. 16. Schulbeispiel: Werkstattzeichnungen zu einem Entwurf von Teilen eines Personenwagens.

Während eines halben Jahres sind im ganzen fünf Konstruktionsaufgaben gelöst worden. Es sind hier fortgelassen:

a) Entwurf eines Reglergehäuses für Schraubenrad- bzw. Kegelradantrieb, stehend oder seitlich befestigt usw.

b) Umbau bzw. Neubau einer vorhandenen Anlage, an welcher der bestehende geschlossene Gehäusedeckel für eine durchgehende Welle einzurichten war, die durch Lager aufzunehmen und durch Stoffbüchse abzudichten ist.

Die zur Darstellung gebrachten Schülerzeichnungen, die teilweise fehlerhaft gelassen worden sind, wurden nur zum Zwecke der Drucklegung nachgezogen.

[1]) Das Steuergestänge ist in den hier wiedergegebenen Abbildungen nicht berücksichtigt.

Es ist nicht die Absicht, mit der Aufgabenfolge ein starres System zu schaffen, gewissermaßen Vorlagen, die an die Stelle andrer treten und Semester für Semester gleich bleiben. Es soll damit nur ein Weg beschrieben werden, der in Verbindung mit dem Vortrag das Ziel erreichen lassen soll: zu folgerichtigem, anschaulichem Denken zu erziehen, die Kombinationsfähigkeit zu wecken und zu selbständigem konstruktivem Schaffen anzuregen. Je lebendiger, wirklicher und fesselnder die zu lösenden Aufgaben sind, um so mehr erreichen sie die Anteilnahme der Schüler, um so mehr wird auch jedem Schüler klar, welche Schönheit einer vollendeten Konstruktion innewohnt. Ein richtiger Konstrukteur muß Idealist sein, nur dadurch kann Vollendetes geschaffen werden. [B 374]

Der Ausbau der Howaldtswerke, Kiel, in den letzten Jahren.

Von Oberingenieur B. Meyer, Kiel.

Anknüpfend an eine kurze Betrachtung über die Wettbewerbfähigkeit deutscher und englischer Werften werden die Werkanlagen der Howaldtswerke und die Vergrößerung der Schwimmdockanlage besprochen.

In England sind dem Schiffbau die billigen Wasserwege und geringen Entfernungen zwischen den Walzwerken und Werften sehr von Vorteil gewesen, da hierdurch die Transportkosten wesentlich verringert werden. In Deutschland liegen die beiden großen Industriegebiete, das westfälische und das schlesische, weit ab, so daß die deutschen Werften schon hierdurch benachteiligt sind. Sie haben diesen Nachteil dadurch wettzumachen gesucht, daß sie ihre Arbeitsstätten weitgehend ausgebaut und hierdurch wenigstens den Güterverkehr innerhalb der Werft selbst nach Möglichkeit verbilligt haben.

Die Wettbewerbfähigkeit der deutschen Werften kommt heute darin zum Ausdruck, daß eine große Anzahl von Schiffen für ausländische Rechnung in Deutschland gebaut wird, während früher fast ausschließlich England Auslandaufträge an sich zog. Hiermit tritt das kapitalkräftige Ausland an die Stelle der deutschen Marineleitung, die früher solche Zeiten für die Inbaugabe von Kriegschiffen wählen konnte, in denen die Beschäftigung der Werften und damit die Baupreise gering waren.

Die gleichzeitige Einstellung der deutschen Großwerften auf den Bau von Handelsschiffen und Kriegschiffen hatte ebenfalls einen bedeutenden Einfluß auf den Ausbau der deutschen Werften zur Folge. Die hierdurch entstandenen Werkstätten können heute meist nicht voll ausgenutzt werden, und die Werften haben Umschau zu halten, wie sie einerseits durch Aufnahme anderer Industriezweige außer dem Schiffbau die ausreichende Beschäftigung ihrer Anlagen sichern und anderseits die Anlagen weiter ausbauen müssen, damit sie dieselbe Qualitätsarbeit zu einem billigeren Preise liefern können.

Einen umfangreichen Ausbau ihrer Anlagen haben in den letzten Jahren u. a. die Howaldtswerke, Kiel, ausgeführt, die sich außer durch den Bau zahlreicher Krieg- und Handelsschiffe bis zu den größten Abmessungen durch den von ihnen besonders gepflegten Bau von großen Schwimmdocks einen Namen gemacht haben. Abb. 1 bis 8 zeigen die Anlagen und Einrichtungen dieser Werft. Sie umfaßt 12 vorzüglich ausgestattete Hellinge: Abb. 2 zeigt links unten das neue Hellinggerüst mit 7 Kranen von 10 bzw. 5 t Tragkraft und rd. 70 m Breite, worunter gleichzeitig drei Schiffe auf Stapel gelegt werden können (Helling 1 bis 3); ferner links oben die Hellinganlage mit drei Turmkranen (Helling 5 und 6) und zwischen beiden die schon ältere Kriegschiffhelling (Helling 4) mit Gerüst von rd. 37 m Breite und 4 Laufkranen von 10 und 5 t Tragkraft (s. auch Abb. 1).

Die Schiffbauteile werden in den drei Schiffbauhallen *a* und a′ hergestellt; für ihren Transport sorgen Krane und eine umfangreiche normalspurige Gleisanlage, die bis auf 8000 m Gesamtlänge innerhalb der Werft gebracht wurde. Die erforderlichen Weichen und Drehscheiben sind so angelegt, daß man heute in der Lage ist, sämtliche angerollten Güter ohne Umladen nach jedem Punkt der Werft zu bringen. An den Verbrauchsstellen sind in ausgiebigster Weise Kohlenbunker vorgesehen worden. Dem Gleisausbau entsprechend sind die Transportmittel vermehrt und Lokomotiven, Eisenbahnwagen, Plattformwagen, Dampfkrane usw. angeschafft worden.

Die Gleisanlage führt ferner nach einer in der Nähe gelegenen Kiesgrube, die der Werft gehört. Dieser sind alle für den Gleisausbau und für die Neu- und Umbauten der Werft nötigen erheblichen Mengen Kies entnommen worden. Der Kies wird weiterhin zu den Zementierungsarbeiten auf den Schiffen und zur Zementsteinfabrikation, die auf der Werft eingerichtet worden ist, verwendet. Für die Neu- und Umbauten der Werft sind die von ihr angefertigten Zementsteine in großem Umfange benutzt worden. Der aus der Kiesgrube gewonnene kalkarme Lehm wird, soweit erforderlich, der Gießerei der Werft zugeführt und dort zur Herstellung von Formsand gebraucht. Seit mehreren Jahren ist von der Werft kein Formsand mehr von auswärts bezogen worden. Die Ausbeute aus der Kiesgrube betrug in den Jahren 1920 bis 1923 rd. 10 000 m^3 Kies, Sand und Lehm. Zum Beladen der normalspurigen Eisenbahnwagen in der Grube dienen kleine, auf Feldbahngleisen laufende Muldenkipper, deren Inhalt durch Verladegerüste unmittelbar in die Kieswagen gestürzt wird, die dann von Lokomotiven nach den Verbrauchstellen auf der Werft gefahren werden.

Neu gebaut wurde eine Maschinenfabrik *b*, Abb. 2, und eine Tischlerei *c*. Die Maschinenfabrik dient als Lokomotiv-Ausbesserwerkstatt und zum Neubau von Diesel-

Abb. 1. Kriegschiffhelling der Howaldtswerke, Kiel.

Abb. 2. Plan der Howaldtswerke.

1 bis 11 Hellinge.

a Schiffbauwerkstatt	*c* Tischlerei	*f* Holzlagerschuppen	*i* Maschinenfabrik	*m* Zusammenbauschlosserei
a' neue Schiffbauhalle	*d* Torfbunker	*g* Zimmerei	*k* Kesselschmiede	*n* Schwimmdock, 4570 t
b Maschinenfabrik	*e* Sägerei	*h* Winkelschmiede	*l* Formerei und Gießerei	*o* Ausrüstungshafen.

motoren. Sie hat einschließlich der Werkzeugmacherei rd. 80 m Länge und 79 m Breite. Das Gebäude ist in Eisenbeton mit ausgemauerten Wänden ausgeführt. Das Dach ist mit Ruberoid auf Bimsbetondielen gedeckt. Abb. 3 zeigt einen Querschnitt durch diese Halle. Ausgestattet ist die Werkstatt mit den erforderlichen neuzeitlichen Werkzeugmaschinen, ferner mit Laufkranen von 50, 30 und 10 t Tragkraft. Die Tischlerei ist 43 m lang und 24 m breit. Sie umfaßt zwei Stockwerke; im Erdgeschoß sind das Nietenlager und die Werkzeugmacherei untergebracht. Im Dachgeschoß befinden sich Räume zur Lagerung fertiger Schiffsmöbel und die Trockenkammer. Die Tischlerei ist mit zeitgemäß ausgebildeten Holzbearbeitungsmaschinen und allen sonstigen der Neuzeit entsprechenden Einrichtungen, wie Späneabsaugung usw. versehen.

Abb. 4. Entladebrücke für Torf und Kohlen.

An weiteren neueren Bauten sind zu erwähnen: Eine Sägerei mit Aufschleppe für Holzstämme, ausgestattet mit zweckmäßigen Einrichtungen und Maschinen, sowie drei Holzlagerschuppen, zwei Ölkeller aus Beton von 42 m Länge, eingebaut wegen Feuergefahr in einer Eisenbahnböschung, ein Azetylengebäude mit einer Anlage von 63 m³/h Leistung, ein zweistöckiges Abort- und Lagergebäude neben der alten Maschinenfabrik, Bauaufsichtsgebäude, Wasch- und Umkleideräume für die Arbeiter usw.

Außer den Anlagen auf dem Werftgelände sind auch die Hafenanlagen und das Dock ausgebaut worden. Der neue 105 m breite Ausrüstungshafen *o*, Abb. 2, hat auf der einen Seite einen elektrisch betriebenen Portalkran von 5 t Tragfähigkeit bei 28 m größter Ausladung und 12,8 m Spannweite des Portals und auf der andern Seite eine neue Kaianlage erhalten. Auf ihr verkehrt eine Entladebrücke mit Greiferbetrieb, Abb. 2 und 4. Hier werden die mit Torf oder Kohlen beladenen Schiffe und Schuten entladen. Die

Abb. 7. Stapellauf eines Verlängerungsstückes des Docks.

Werft hat nämlich im Jahre 1920 ein etwa 42 ha großes Torfmoor unweit Stade erworben und hat ihre Kesselanlage durch einen Wasserrohrkessel mit Torffeuerung erweitert, um die Schwierigkeiten zu beheben, die sich aus dem Kohlenmangel ergaben. Der Torf wird vom Moor zur Werft durch eigene Schuten und Schlepper befördert, die an der Entladebrücke *d* in Abb. 2 anlegen und deren Ladung mit Hilfe von normalspurigen Kippwagen in Torfbunker gekippt wird. Die Kohlen werden in ähnlicher Weise verladen. Eine Bunkeranlage befindet sich auf dem Kai, über die der Portalkran hinwegfährt. Er hat hierzu 16 m lichte Höhe erhalten.

Die Vergrößerung des vorhandenen Schwimmdocks war geboten, weil seine Tragkraft bisher nicht genügend ausgenutzt wurde, da seine Länge im Verhältnis zur Breite und Tragkraft zu gering war. Um die Dockanlage wirtschaftlicher zu gestalten, beschloß man, das Dock mit geringstem Kostenaufwand so zu verlängern, daß Schiffe von etwa 120 m Länge und 4500 t Gewicht gedockt werden können. Damit die Tragkraft der Mittelpontons ausgenutzt wird, wurde eine Bauart gewählt, die es ermöglicht, die auf die Verlängerung entfallenden Lasten teilweise auf die Mittelpontons zu übertragen und die Höhen- und Breitenabmessungen den anzubauenden Pontons entsprechend geringer zu halten, Abb. 5 und 6. Hiermit war der Vorteil verbunden, daß für die Verlängerung zum Auswerfen des Ballastwassers keine Pumpen und Rohrleitungen mit Schiebern und Gestängen erforderlich wurden, sondern daß das Ballastwasser selbsttätig in die benachbarten Pontons des vorhandenen Docks fließt und mit der vorhandenen Pumpenanlage ausgeworfen wird. Der Betrieb des vergrößerten Docks gestaltet sich daher genau so einfach wie vorher.

Zur Übertragung der auf die Verlängerung entfallenden und nicht durch Auftrieb aufgenommenen, also nach den Mittelpontons zu übertragenden Lasten dienen Quer- und Längsverbände. Es wurde auf eine statistisch bestimmte Ausbildung der ganzen Konstruktion besonderer Wert gelegt; daher sind auch zur Übertragung der Lasten in der Querrichtug des Docks nur zwei Querträger an jedem Dockende vorgesehen. Der eine Querträger ist die Endstirnwand des vorhandenen Docks, während der zweite rd. 9 m entfernt davon angeordnet wurde. Dieser Träger erhielt, entsprechend den darauf entfallenden erheblichen Kräften, eine besonders kräftige Ausbildung.

In der Längsrichtung werden die Kräfte durch die in der Ebene der Seitenkasten liegende Trägerkonstruktion übertragen. Maßgebend bei der Konstruktionsgestaltung der Dockverlängerung war, den Zusammenbau so einfach zu gestalten, daß die Unterbrechung des Dockbetriebes auf eine möglichst kurze Zeit beschränkt wurde. Mit Ausnahme von zwei Rohrverbindungen, die den Wasserzu- und -abfluß bewirken, liegen alle Verbindungen bei hochgepumptem leeren Dock über Wasser, Abb. 5. Die Pontons mit dem vollwandigen Teil der Seitenkasten wurden

Abb. 3. Querschnitt der Lokomotiv-Ausbesserwerkstatt.

auf der Helling zusammengebaut und zu Wasser gelassen, Abb. 7. Inzwischen war die zur Verlängerung der Seitenkasten dienende offene Konstruktion angebaut worden, während Schiffe zum Ausbessern im Dock lagen, so daß die Verbindung der Pontons mit dem übrigen Dockkörper nur wenig Zeit beanspruchte und der Dockbetrieb nur einige Tage ruhte. Damit die unter Wasser liegenden

Abb. 5 und 6. Das auf rd. 100 m verlängerte Dock der Howaldtswerke.

Rohrverbindungen hergestellt werden konnten, wurde das Dock je nach dem Anbau der beiden Verlängerungen durch Wasserballast in die aus Abb. 8 ersichtliche Lage gebracht. Die Rohrverbindungen wurden in einigen Stunden hergestellt.

Auf dem Schwimmdock wurde ein elektrisch betriebener Drehkran aufgestellt, Abb. 5 und 6, und eine mit Normalspurgleis versehene Zufahrtbrücke an Land errichtet, mit der die für das Dock und für die Schiffsausbesserungen bestimmten Baustoffe so nahe an das Dock gebracht werden können, daß sie mit dem Kran erreichbar sind. Die Brücke dient ferner zum Beladen von Schuten mit Eisenspänen, so daß auch hier die frühere Umladung der Späne wegfällt.

Die Grundfläche der Werftanlage, deren Hauptwege mit Steinpflaster versehen sind, beträgt etwa 25 ha, der Gesamtgrundbesitz der Howaldtswerke rd. 62 ha und die Gesamtlänge der Wasserfront etwa 1700 m. [B 25]

Abb. 8.
Lage der Docks beim Einbau der Rohrverbindungen.

Über das Wesen der plastischen Verformung.

I. Gleichgewichtszustände bei kleinen Verformungen.

Von Dr.-Ing. Heinrich Hencky in Delft.

Mit Hilfe der Zerlegung des Spannungszustandes in zwei unabhängige Teile, nämlich in einen allseitig homogenen Druck und Zug, wie er in Flüssigkeiten herrscht, und in einen Zustand, der keine Volumenänderung veranlaßt, wird die Ableitung eines Gleichungssystems gegeben, das den Zustand des elastisch-plastischen Gleichgewichts in der Nähe der Fließgrenze beherrscht und eine Berechnung der Verformungen auch für den räumlichen Fall in der einfachsten Weise ermöglicht. — In einer folgenden Abhandlung soll im Gegensatz zum statischen Fall das plastische Strömen an einfachen Beispielen behandelt werden.

Wenn ein Ingenieur die Lehrbücher der Festigkeitslehre durchblättert, so fällt ihm die beinahe übermäßige Entwicklung der sogenannten klassischen Elastizitätstheorie auf, die auf der Annahme der Proportionalität zwischen Spannungen und Dehnungen aufgebaut ist, dagegen findet er über die praktisch ebenso wichtigen Erscheinungen der Plastizität und elastischen Nachwirkung keine zusammenhängende Theorie, die sich praktisch verwerten ließe.

Dieser Umstand hat vor einigen Jahren Prandtl in Göttingen veranlaßt, die Frage des plastischen Gleichgewichtes wieder aufzunehmen. Prandtl hat sich dabei zunächst der damals herrschenden Meinung angeschlossen, wonach die plastische Härte durch eine Spannungsgröße (etwa wie bei der Brinellprobe) gemessen wird, also die Dimension $\frac{kg}{cm^2}$ hat.

Als zweckmäßigster Ausdruck einer solchen Auffassung mußte die Mohrsche Theorie des Widerstandes gegen Bruch und Plastizität erscheinen, die der mittleren Hauptspannung keine Bedeutung zuerkennt. Es ist Prandtl nicht nur gelungen, für eine ganze Reihe von *ebenen* plastischen Verzerrungszuständen einfache Lösungen zu finden, einige dieser Lösungen sind durch Nádai einer erfahrungsmäßigen Prüfung unterworfen worden und haben eine befriedigende Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen gezeigt[1]).

Trotzdem hat es sich als unmöglich erwiesen, für das räumliche Problem einen brauchbaren Ansatz zu finden. Diese Unmöglichkeit ist nun keineswegs auf die natürlichen Schwierigkeiten der Aufgabe zurückzuführen, sondern deutet auf eine nicht ganz richtige Auffassung des Mechanismus der plastischen Verformung. In der Tat wird nach de St. Venant ganz einseitig nur der Spannungszustand, der zu Beginn der plastischen Verformung vorhanden ist, ins Auge gefaßt und ganz übersehen, daß durch diesen Spannungszustand auch die eintretende Bewegung bestimmt ist, ebenso wie die Bahn eines geschleuderten Steines in dem Augenblick, wo er die Schleuder verläßt.

Eine kritische Stellungnahme zu den Grundlagen unserer Plastizitätsvorstellungen ist daher nicht mehr zu umgehen. Zwei Fragen drängen sich dabei vor allem auf:

1. Inwieweit wird die St. Venant-Mohrsche Theorie durch die Erfahrung bestätigt?
2. Ist eine Auffassung des Mechanismus der plastischen Deformation möglich, die mit den durch Versuche bestätigten Ergebnissen von Prandtl und Nádai in Übereinstimmung ist und doch in ungezwungener Weise das räumliche Problem zu behandeln gestattet?

Zur ersten Frage ist zu bemerken, daß neuere Versuche in den letzten 10 Jahren in Amerika[2]) und England jedenfalls mit der Annahme von St. Venant (τ_{max} = konstant) im Widerspruch stehen.

Das Verhältnis der Plastizitätsgrenze beim zweiachsigen reinen Schub zum einachsigen Zug hat sich nämlich zu 0,58 ergeben an Stelle von 0,5 bei der Mohr-St. Venantschen Theorie. Die Berechtigung der axiomatischen Annahme, daß die zweite Hauptspannung vollkommen ausscheidet, ist damit in Frage gestellt[3]). Abgesehen von dieser willkürlichen Voraussetzung ist die Mohrsche Theorie als eine zeichnerische Darstellung zu werten. Die Aufnahme dieser Darstellung in eine deduktive physikalische Theorie führt aber für den räumlichen Fall, wie sich gezeigt hat[4]), zu ganz und gar nicht im Wesen der Sache liegenden mathematischen Schwierigkeiten. Im ganzen kommen wir zum Ergebnis, daß die Mohrsche Theorie wohl in manchen Fällen geeignet ist, das plastische Verhalten des Materials zu beschreiben, daß wir ihr

[1]) Vergl. L. Prandtl und Nádai, Z. f. angew. Mathem. u. Mech. Bd. 1 (1921) S. 15/28; L. Prandtl, dieselbe Zeitschrift Bd. 2 (1923) S. 401/06.

[2]) Ausführliche Literaturangaben finden sich bei Westergaard, Journal of the Franklin Institute Bd. 190, Mai 1920 S. 627/40.

[3]) In der Tat hat sich inzwischen diese Annahme als unhaltbar herausgestellt. Ich komme bei Besprechung der Ergebnisse des Plastizitätskongresses, Dresden 6. und 7. März 1925, noch darauf zurück.

[4]) Man vergleiche hierzu die Ableitungen von A. Haar und Th. von Kármán, die auf Grund dieser Annahme entwickelt sind. Göttinger Nachrichten, math.-phys. Klasse 1909 S. 204/18.

aber keine naturgesetzliche Bedeutung zuschreiben können, da einerseits die Übereinstimmung mit der Erfahrung hierzu nicht ausreicht, anderseits aus dieser Theorie ein Verformungsgesetz von ganz unwahrscheinlicher Umständlichkeit folgen würde.

Die Frage, ob eine mehr befriedigende Auffassung möglich ist, kann durch Ableitung einer Ansicht über das Wesen der plastischen Verformung beantwortet werden, die nicht ganz neu ist, aber sich bisher nicht durchzusetzen vermochte, weil bei ihrer ersten Formulierung durch Beltrami ein Versehen unterlief, das als Widerspruch mit der Erfahrung gedeutet werden mußte.

Bekanntlich gehören zur Festlegung eines Spannungszustandes sechs Größen:

$$\sigma_x, \ \sigma_y, \ \sigma_z, \ \tau_{xy}, \ \tau_{xz}, \ \tau_{yz},$$

wobei σ Normalspannungen und τ Schubspannungen bedeuten; analog wird ein Verformungszustand durch die Größen

$$\varepsilon_x, \ \varepsilon_y, \ \varepsilon_z, \ \frac{1}{2}\gamma_{xy}, \ \frac{1}{2}\gamma_{xz}, \ \frac{1}{2}\gamma_{yz}$$

beschrieben, wobei ε Normaldehnungen, γ Winkeländerungen vorstellen.

Führen wir die hydrostatische mittlere Spannung ein

$$\sigma = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3}$$

und die hydrostatische mittlere Dehnung

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z}{3}$$

so läßt sich das Hookesche Gesetz für den isotropen Körper in einer sehr einfachen Weise aussprechen. Es wird nämlich mit G als Schubelastizitätsmodul und E als Elastizitätsmodul, m als Querkontraktionsziffer

$$\varepsilon = \frac{1}{2\,G}\,\frac{m-2}{m+1}\,\sigma = \frac{m-2}{m\,E}\,\sigma \quad \ldots \ldots \quad (1)$$

und

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_x - \varepsilon &= \frac{1}{2\,G}(\sigma_x - \sigma), & \frac{1}{2}\gamma_{xy} &= \frac{1}{2\,G}\tau_{xy} \\ \varepsilon_y - \varepsilon &= \frac{1}{2\,G}(\sigma_y - \sigma), & \frac{1}{2}\gamma_{xz} &= \frac{1}{2\,G}\tau_{xz} \\ \varepsilon_z - \varepsilon &= \frac{1}{2\,G}(\sigma_z - \sigma), & \frac{1}{2}\gamma_{yz} &= \frac{1}{2\,G}\tau_{yz} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (2a).$$

Dabei ist:

$$\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z - 3\,\varepsilon = 0$$
$$\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z - 3\,\sigma = 0.$$

Diese besondere Form eines Spannungs- und Verformungstensors, wobei die erste Invariante, nämlich

$$\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z \ \text{bezw.} \ \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$$

verschwindet, bezeichnet man zweckmäßig mit einem besonderen Namen als Deviator[1]). Ein Deviator hat die bemerkenswerte Eigenschaft, sich durch geeignete Drehung des Koordinatensystems auf drei Schubspannungen bzw. Schiebungen zurückführen zu lassen, demnach keine Raumausdehnung zu veranlassen.

Die Komponenten des Spannungsdeviators sind aber in allen Koordinatensystemen proportional den Komponenten des Verformungsdeviators, was beim vollen Spannungstensor nicht zutrifft und von Beltrami übersehen wurde. Die Energie der Deformation läßt sich scheiden in Energie der Raumausdehnung ohne Gestaltänderung[2])

$$A_h = \frac{3\,(m-2)}{2\,m\,E}\,\sigma^2 \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3a)$$

[1]) Nach J. A. Schouten, der in einer seiner Dissertation (Delft 1914) beigegebenen These zuerst auf den hier verwendeten Zusammenhang hingewiesen hat.

[2]) Vergl. A. u. L. Föppl, Drang und Zwang, Bd. 1 2. Aufl. S. 40.

und in die Gestaltänderungsenergie des Deviators:

$$A_g = \frac{1}{2\,G}\left\{\frac{1}{6}\left[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2\right] + \tau^2_{xy} + \tau^2_{xz} + \tau^2_{yz}\right\} \quad \ldots \ldots \quad (3b).$$

Während nun erfahrungsgemäß innerhalb sehr weiter Grenzen elastische Kompressionsenergie im Volumenelement aufgespeichert werden kann, ist die Kapazität des Volumenelements zur Aufnahme von Gestaltänderungsenergie viel enger begrenzt (die Begrenzung der Kapazität für die Energie der räumlichen Ausdehnung durch den Bruchvorgang gehört zu den Labilitätserscheinungen und kommt hier nicht in Frage) und veranlaßt durch diese Begrenzung die Erscheinung der Plastizität. Wie aber der von der Schleuder geworfene Stein in der Tangente der Schleuderbahn wegfliegt, so muß die Proportionalität zwischen Spannungs- und Deformationsdeviator auch beim Eintritt der Plastizität bestehen bleiben. Es tritt lediglich eine scheinbare Erweichung des Materials ein, die an jedem Punkt verschieden ist und durch einen Zahlenkoeffizienten $\varphi\,(x, y, z)$ zum Ausdruck gebracht werden kann[3]):

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_x - \varepsilon &= \frac{1+\varphi}{2\,G}(\sigma_x - \sigma), & \frac{1}{2}\gamma_{xy} &= \frac{1+\varphi}{2\,G}\tau_{xy} \\ \varepsilon_y - \varepsilon &= \frac{1+\varphi}{2\,G}(\sigma_y - \sigma), & \frac{1}{2}\gamma_{xz} &= \frac{1+\varphi}{2\,G}\tau_{xz} \\ \varepsilon_z - \varepsilon &= \frac{1+\varphi}{2\,G}(\sigma_z - \sigma), & \frac{1}{2}\gamma_{yz} &= \frac{1+\varphi}{2\,G}\tau_{yz} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (2b)$$

Die Funktion φ wird aus der Plastizitätsbedingung

$$A_g = \text{konst.} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

bestimmt.

Dazu kommen selbstverständlich noch die Gleichgewichtsbedingungen, die sowohl im plastischen als auch im elastischen Zustand gleich lauten[4]). Man hat also beim Eintritt der Plastizität lediglich Gleichung (2a) durch (2b) und (3) zu ersetzen.

Drückt man in der Gl. (3) alles in den Hauptspannungen aus und trägt diese Hauptspannungen als Koordinaten σ_I, σ_{II}, σ_{III} auf, so liegen alle elastischen Spannungszustände innerhalb eines Zylinders, während bei der Mohr-St. Venantschen Hypothese die Grenzfläche durch ein diesem Zylinder einbeschriebenes Prisma dargestellt wird.

Man sieht, der Unterschied ist nicht groß; der neue Ansatz liefert aber eine Berechnung der Verformungen auf die einfachste überhaupt mögliche Weise.

Bei der Anwendung der obigen Theorie auf die Versuche mit zweiachsig beanspruchten gewalzten Stahlrohren scheint noch eine Bemerkung am Platze zu sein. Eine gewalzte Platte verliert durch das Ausglühen wohl ihre Vorspannungen, aber nicht die Härte-Anisotropie, die ihr infolge des Walzvorganges anhaftet.

B. P. Haigh[5]) in Greenwich, der bereits seit 1919 mit einem ähnlichen Ansatz für die Plastizitätsgrenze arbeitet, hat daher noch einen Koeffizienten in den Arbeitsausdruck eingeführt, der diesem Umstand Rechnung tragen soll.

Wie man sieht, sind hier noch viele Fragen durch den Versuch zu klären. Es ist für die Technik und die Ingenieurbildung wichtig, daß hinsichtlich aller dieser Fragen volle Klarheit geschaffen wird.

Damit der Versuch aber voll ausgenutzt werden kann, ist noch erforderlich, daß auch die theoretischen Ansätze folgerichtig zu Ende gedacht werden und daß für einzelne Probleme, die für den Versuch in Frage kommen, die Differentialgleichungen integriert werden.

[B 9] (Forts. folgt.)

[3]) Vergl. hierzu H. Hencky, Z. f. angew. Mathem. u. Mech. Bd. 4 (1924) S. 323/34.

[4]) Tritt kein Gleichgewicht ein, so sind die Gleichungen nicht zu befriedigen und es muß ein anderer Ansatz gewählt werden, worauf wir indessen an dieser Stelle nicht eingehen können.

[5]) Vergl. B. P. Haigh, „Engineering“ Bd. 109 (1920) S. 158.

RUNDSCHAU.

Hochbau.

Das moderne Industrie-Verwaltungsgebäude.

Auf dem sechsten Hannoverschen Hochschultag am 13. Dezember 1924 sprachen Prof. Paul Kanold, Hannover, und Reg.-Baumstr. a. D. Hertlein, Direktor der Bauabteilung des Siemens-Konzerns, über das gemeinsame Thema „Das moderne Industrie-Verwaltungsgebäude“, wobei Prof. Kanold die grundsätzlichen Fragen der Planung, Direktor Hertlein die praktische Lösung der grundsätzlichen Fragen behandelte[1]).

I. Grundsätzliche Fragen der Planung.

Ähnlich wie bei der Planung einer Siedlung müssen bei der Anlage eines Gebäudegrundrisses zunächst die Verkehrsverhältnisse geregelt werden. An Treppen, Korridore, Aufzüge usw. schließen sich die erforderlichen Räume an, einzeln oder in Gruppen vereinigt, in Stockwerken zusammengefaßt. Für sie gilt beim Geschäftsgebäude die Beweglichkeit als grundlegende Forderung, damit man sie bei technischen und wirtschaftlichen Veränderungen dem Bedarf des Betriebes entsprechend zusammenstellen kann. Diese Forderung bedingt, daß die sonst im Bauwerk üblichen gemauerten Wände ausgeschaltet werden. An ihre Stelle treten Gruppen von Pfeilern in Eisenbeton oder Eisen, die Räume werden durch Leichtstein, Rabitz-, Holz- oder Glaswände getrennt. Dieser Stützenbau hat den Vorteil, daß man die gesamte Gebäudefläche zu einem Raum vereinigen kann, auch läßt sich der Platz zwischen den Pfeilern für Schränke verwenden oder im oberen Teil durch Glasfenster zur Flurbeleuchtung benutzen.

Der Stützenbau jedoch ist wegen der notwendigen Unterzüge in gewöhnlichen Fällen teurer als gemauerte Wände. Es wird sich also, namentlich unter den heutigen wirtschaftlichen Verhältnissen, eine genaue Vergleichsberechnung empfehlen, die Aufschluß darüber gibt, ob man die Möglichkeit der Schaffung von großen Einheitsräumen nicht zu teuer bezahlt.

Bei der Ausführung eines Stützenbaues kann man entweder ein Fachwerk errichten und dieses mit dünnen Wänden ausmauern oder man macht die Außenwände stark genug zur Aufnahme der auftretenden Lasten. Das Wesentliche ist hierbei die Übertragung des Winddruckes auf das Gebäude. Bei diesem grundlegenden Punkt müssen die technischen und wirtschaftlichen Berechnungen einsetzen, ehe man zur Ausführung schreitet.

Der Eisenbeton ist billiger als der Eisenbau, fügt sich gut in den Raum ein, gestattet einfache künstlerische Durchbildung, braucht aber etwas längere Bauzeit, erfordert größere Stützen und Unterzugquerschnitte und läßt sich bei Frost nicht ausführen. Es wird also von den Verhältnissen des einzelnen Falles abhängen, ob man Betonbau, in dem die Industrie heute schon vielfach ihre Werkstätten herstellt, oder Eisenbau wählen will.

Gewisse Punkte im Geschäftshause, Treppen, Aufzüge, Abortanlagen, Tresore, Rohr- und Seilpostanlagen, Fernsprechhauptstelle usw., können an den Veränderungen im Hause nicht teilnehmen. Diese sogenannten Festpunkte müssen daher von vornherein zweckmäßig angelegt werden. Besonders bei zweibündiger Anlage, d. h. wenn die Geschäftsräume beiderseits eines Mittelkorridores liegen, ergibt sich durch diese Festpunkte ein die Bewegungsfreiheit störendes Element, mit dem beim Entwurf gerechnet werden muß. Bei einbündiger Anlage, wenn dabei noch Lichthöfe geplant werden, bedeuten diese festen Raumgruppen keine Störung mehr. Die Geschäftsräume umziehen in einer ununterbrochenen Folge den die Lichthöfe umlaufenden Flur, so daß jede beliebige Änderung in der Einteilung der Bureaus möglich ist.

Eine Erweiterung des Bureauhauses ist entweder durch Verlängerung oder durch eine Vermehrung der Gebäudeflügel zu erreichen. Vermehrt man die Gebäudeflügel, um das Gebäude nicht endlos zu strecken, so muß der Innenhof, an dem die Zwischenflügel liegen, sehr groß werden, um noch gute Lichtverhältnisse und einigermaßen Belüftung zu gewährleisten. Vorzuziehen sind nach einer Seite offene Hofanlagen.

Bei beschränktem Bauplatz ist die Vermehrung der Stockwerke der gegebene Weg, der bei dem Wettbewerb um das Geschäftsgebäude des Stinneskonzerns, Abb. 1, beschritten worden ist. Amerikanische Grundrißanlagen, wie sie anscheinend unter dem Druck der Zusammenpressung der Grundstücke und Hochhäuser in den Vereinigten Staaten entstehen, können bei uns nicht geduldet werden. In den unteren Geschossen der Geschäftshäuser des Standard-Oil-Trusts mit Räumen in 25 Stockwerken an engen Höfen kommt man auch am hellsten Tage nicht ohne künstliches Licht aus. Flure und Hallen haben überhaupt nur künstliche Beleuchtung und Lüftung durch eine verwickelte mechanische Einrichtung.

In Deutschland wird die Zahl der Stockwerke zur Zeit noch durch die Reichweite der Feuerwehrgeräte begrenzt. Oberhalb dieser Grenze werden dann besondere Sicherheitseinrichtungen für den Fall eines Brandes notwendig. Die Feuergefahr wird durch den Einbau leichter Wände und die ungeteilten Gebäudeflügel erhöht.

Die Höhensteigerung wird sich im allgemeinen nach den örtlichen Verhältnissen richten. Das Hochhaus ist überhaupt teurer und unwirtschaftlicher als ein Gebäude in normaler Höhe bei gleichem Rauminhalt. Schon beim Miethaus in Ziegelmauerwerk hat sich praktisch und rechnerisch ergeben, daß mehr als drei Obergeschosse unnötig teuer werden. Bei Geschäftshäusern in günstiger Lage ist dies unter Umständen wegen der hohen Bodenpreise und Mieten nicht so wichtig. Der Raumverlust durch Verstärkung der Stützen in den unteren Geschossen des Hochhauses beim Betonstützbau oder bei Eisenkonstruktionen fällt weniger ins Gewicht als bei massiver Ausführung. Je weiter die Stützenstellung, um so vorteilhafter ist die ganze Anordnung, doch wird man ohne zwingenden Grund das Hochhaus auf kleiner Grundfläche seiner unwirtschaftlichen Form wegen nicht wählen.

Bei ausgedehnten Grundrißanlagen wird man sich wieder fragen müssen, ob statt der Ausdehnung des Grundrisses nicht eine Vermehrung der Stockwerke über die gewöhnliche Grenze zweckmäßiger ist, um den Verkehr mehr zusammenzuziehen. Der Verkehr in senkrechter Richtung durch Paternosteraufzüge geht schneller vor sich und wirkt weniger ermüdend als die langen Wege zu Fuß in wagerechter Richtung. Die bestehenden Vorschriften über die Hofgrößen und die Belichtung an Höfen gelegener Räume werden ganz von selbst zu einem Hochhaus mit Höhenentwicklung in mäßigen Grenzen führen.

Die Tiefe der Räume hängt von der Länge der Arbeitstische und der Anzahl der Arbeitsplätze ab. Bei drei Arbeitsplätzen von je 1,60 m Breite kommt man auf eine Raumtiefe von 6,10 m, was vorteilhafter ist als nur zwei Arbeitsplätze nebeneinander, wobei die Bureaus zu lang und unübersichtlich werden. Hierbei muß noch berücksichtigt werden, daß sich bei wachsender Spannweite die Decken stark verteuern, während auf der andern Seite die steigende Raumtiefe die Länge des Raumes vermindert. Von der ausreichenden Belichtung des dritten Arbeitsplatzes hängt die Höhe des Raumes ab, die naturgemäß in den oberen Räumen entsprechend geringer sein kann, soweit nicht dichte Besetzung des Luftraumes ein Mehr verlangt.

Die Achsenteilung der Fenster ist gleich der Tischentfernung, die mit 3,25 m für Schreibtische ausreicht. Zweckmäßig sind zwei Fenster auf die normale Achse, da man auf diese Weise Einzelzimmer, die mit 3,25 m Breite (zwei Fenster) zu klein wären, mit drei Fenstern anlegen kann. Die meisten neuzeitlichen Bureauhäuser haben diese dichte Fensterfolge, die für die gleichmäßige Belichtung zwar sehr vorteilhaft, aber im Winter den Nachteil der starken Abkühlung und im Sommer den der Erwärmung durch Sonnenstrahlung zeigt.

Die Arbeitsräume im Gebäude eines mittleren Werkes werden zweckmäßig so verteilt, daß der Kundenverkehr (Kasse und Einkauf) im Erdgeschoß vor sich geht, Direktion mit der Korrespondenzabteilung würden im ersten Geschoß, die Räume für den inneren Geschäftsverkehr in den oberen Geschossen ihren Platz finden. Für die Registratur ist wegen der hohen Lasten die Unterbringung im Sockelgeschoß vorteilhaft, wo auch die Kleiderablage für die Beamten anzuordnen wäre. Diese allgemeinen Richtlinien sind natürlich nicht für große Werke maßgebend, bei denen für jede Abteilung ein besonderer Gebäudeflügel in Frage kommt. In diesem Falle muß der Bauherr vor Beginn des Baues mit durchdachtem Bauprogramm, am besten einer allgemeinen Bauskizze, an der Aufstellung der Pläne mitarbeiten, um allen Schwierigkeiten bei der Bauausführung vorzubeugen.

Abb. 1. Geschäftsgebäude des Stinneskonzerns.

[1]) Der ungekürzte Wortlaut der Vorträge mit zahlreichen Abbildungen ist in der „Deutschen Bauzeitung“ 1925 Nr. 33 bis 35 veröffentlicht worden.

Der Verkehr in den Stockwerken ist eine der wichtigsten baulichen Fragen, mag es sich nun um das Geschäftshaus eines kleineren, mittleren oder Riesenwerkes handeln. Ihm dienen neben den Treppenanlagen die Personenfahrstühle, die Rohr- und Seilpost für die Briefbeförderung und die Aufzüge für Mappen, Pakete, größere Stücke usw. Der Paternosteraufzug mit seinem nicht teuren Betrieb bedeutet Kraftersparnis für das Personal und Annehmlichkeit für die Besucher. Diesem gegenüber tritt der Personenfahrstuhl an Wert zurück.

Mittelgroße Schriftstücke, die gerollt werden können, werden rasch und zweckmäßig durch die Rohrpost befördert, die schon in fast allen neueren Gebäuden zu finden ist. Schwierigkeiten in der Anlage entstehen vor allem in der Unterbringung der großen Krümmer an den Abzweigstellen der Hauptleitung, die nur in Räumen untergebracht werden können, wo sie kein Hindernis bilden und die Rohrführung zum Zweck einer schlanken und kurzen Linienführung sich frei bewegen kann.

Für alle Schriftstücke, die nicht gerollt werden können, kommt der Aktenaufzug oder die Seilpost mit Weiterbeförderung durch Boten in Frage. Die Aktenaufzüge richten sich in ihrer Lage nach der Einteilung der Registratur, sie müssen aber in der Hauptsache die Bedienung gewisser Bezirke in den Stockwerken ermöglichen. Bei der Planung sind in enger Fühlung mit der Betriebsorganisation die günstigsten Stellen in den Verbindungsfluren für die rascheste Weiterbeförderung durch Boten festzustellen. Für die Brief- und Aktenbeförderung wird auch die Seilpost in Form eines einfachen Becherwerkes benutzt, das die Briefe an den Bestimmungsorten abwirft.

Eine mechanische gut arbeitende Belüftung großer Räume macht den Aufenthalt in stark besetzten Räumen wesentlich angenehmer und gestattet, mit den Stockwerkhöhen auf Mindestmaße herabzugehen. Die größere Schwierigkeit bei einer künstlichen Belüftung bietet das Bestreben, Zugerscheinungen zu vermeiden, daher sollten auch Flure gegen das Eindringen kalter Luft durch die Hauseingänge mittels geeigneter Einrichtungen gesichert werden. Wenn eine mechanische Lüftung die erhoffte Wirkung haben soll, so erfordert sie erhebliche Kosten nicht nur in der Anlage, sondern auch im Betriebe.

Die wichtige Frage der künstlichen Beleuchtung der Bureauräume ist auch noch nicht restlos geklärt. Auf der Grundlage der Allgemeinbeleuchtung bestehen die Einrichtungen entweder in Reihen mittelstarker klarer Lampen mit Kegelschirmen (sogenannte Sofittenbeleuchtung) oder in wenigen meist mittelbar wirkenden Reihen mit hochkerzigen Lampen. Während das Licht der Sofitten sehr gleichmäßig ist, gibt es störende Schattenwirkung bei der mittelbar wirkenden Beleuchtung, die für Schreib- und Zeichenarbeit auf die Dauer ermüdend wird. Trotz der höheren Anschaffungs- und Unterhaltungskosten der vielen Einzellampen, ihrer geringen Beweglichkeit, der Bruchgefahr usw. sollte man mit Rücksicht auf die Schonung der in unsrer Zeit stark abnehmenden Sehkraft zur alten Tischbeleuchtung zurückkehren.

Klosettanlagen und Waschgelegenheit müssen für die verschiedenen Gruppen der Beschäftigten in jedem Stockwerk vorhanden sein. Für die Kleiderablagen wird man das Untergeschoß schon wegen der Reinhaltung des Gebäudes vom Straßenschmutz wählen, am zweckmäßigsten wohl in Verbindung mit besonderem Beamteneingang, um eine geschlossene Aufsicht zu ermöglichen. Eingang, Kontrolle, Kleiderablage, Paternoster oder Treppe sollten möglichst in einem Zuge liegen. Für Fahrräder empfiehlt sich ein besonderes Gebäude, weil sie im Hauptgebäude einen großen Raum beanspruchen und das Einbringen durch Windfang oder Pendeltür unmöglich ist.

Um dem Gebäude die Küchengerüche fernzuhalten, wird für Speisesäle und Küchen das oberste Geschoß gewählt, wobei der Zugang zu diesen Räumen möglichst mit dem Paternoster in Verbindung steht. Die Unterbringung der Speiseräume im Dachgeschoß gibt auch die Möglichkeit, eine offene oder gedeckte Dachterrasse zu schaffen, die den Angestellten einen kurzen angenehmen Aufenthalt im Freien ermöglicht.

Die kurzen Ausführungen zeigen, daß man sich über die grundlegenden Fragen zuerst einmal rein theoretisch Aufschluß verschaffen muß. Nur darf man, wenn es zur praktischen Ausführung kommt, nicht allzu starr an seinen Theorien festhalten. Hier gilt Beweglichkeit des Geistes unter dem Gebot der praktischen Notwendigkeiten.

II. Die praktische Auswertung der grundsätzlichen Fragen.

Beim Bau des Verwaltungsgebäudes des Siemenskonzerns in Siemensstadt, das 3000 bis 4000 Angestellte aufnehmen sollte, war eine möglichst große Beweglichkeit in der Organisation der einzelnen Abteilungen Bedingung, ferner die leichte Erweiterung des Gebäudes bei jedem Bauabschnitt. Die Forderung der großen Beweglichkeit zwang nun, von vornherein Räume wie Treppen, Garderoben, Aborte usw. festzulegen und führte zu der in Abb. 2 gezeigten Anordnung, in der auf der einen Seite des Korridors der Querflügel die Treppen, Transportanlagen usw. untergebracht sind.

Die mit Außenwänden und Stützreihen ausgebauten Bureauflügel haben zur Ersparnis von Kosten und Gebäudeumfang Mittelkorridore. Der eine gute Ausnutzung des Eisens und Eisenbetons ermöglichende Abstand der Stützen von 3,50 m ergab eine sowohl für die kaufmännischen als auch technischen Arbeitsräume gute Aufstellung der Tische vor den Fenstern. Die Anordnung der Treppen beim Zusammenschnitt zweier Gebäudeteile, jedoch noch innerhalb des Querflügels, ist am sparsamsten und ergibt noch ein gut beleuchtetes Treppenhaus. Für die Querflügel wurde statt der Stützen eine gemauerte Mittelwand als billiger gewählt.

Bei Eisenbeton haben die Decken trotz mancher Vorzüge die Unannehmlichkeit der leichten Schallübertragung. Beim Bau des Siemenshauses wurde daher statt der Balkenkonstruktion eine frei gespannte Steineisendecke ausgeführt, die in ihrer ebenen Planuntersicht noch einen weiteren Vorteil aufweist. An der trägerlosen Decke können Zwischenwände an jeder beliebigen Stelle gezogen werden, während bei der üblichen massiven Decke zwischen sichtbaren Trägern häufig unschöne Felder durch Zwischenwände entstehen. Auch braucht man beim Verlegen von Leitungen nicht in unschönen Bogen um die Balken herumzugehen.

In Repräsentationsräumen wird man ja selbstverständlich alle Leitungen unter Putz legen. Die Verlegung auf Putz in den übrigen Räumen hat neben größerer Billigkeit den Vorteil, daß man gerade bei den in größeren Gebäuden häufigen Veränderungen und Ergänzungen, ferner bei Störungen jederzeit an die Leitungen herankann.

Abb 2. Grundriß des Siemenshauses in Siemensstadt.

Wie es bei dem Siemensgebäude geschehen ist, muß das Bestreben dahin gehen, die mittelbare Beleuchtung zu vervollkommnen und nicht auf Einzellampen zurückzugreifen. Eingehende Versuche in Amerika haben die Wichtigkeit der psychologischen Seite ergeben. Gleichmäßig und allgemein erleuchtete Räume wirken auf die Angestellten beruhigender und freundlicher als durch Tischlampen beleuchtete Säle, in denen die Tische grell beleuchtet sind, alles Übrige aber dunkel bleibt. Das Auge wird beim Wandern von hell zu dunkel und umgekehrt störend beeinflußt.

Für die Heizung ist wegen der bei Bureaugebäuden notwendigen Regulierfähigkeit Warmwasserheizung gewählt, die, um Kosten zu sparen, als Einrohrpumpenbauart ausgeführt wurde. Hierbei stellt sich eine Regulierungsmöglichkeit der einzelnen Gebäudeflügel als un-

bedingt erforderlich heraus, da manche Gebäudeteile bei starkem Windanfall eine größere Abkühlung erleiden. Die höheren Anschaffungskosten werden durch Kohlenersparnis leicht ausgeglichen.

Wegen der bei einem so großen Gebäude wie dem der Siemensverwaltung sehr beträchtlichen Anlagekosten und der kostspieligen Wartung und Unterhaltung ist von einer künstlichen Lüftung, abgesehen von den Sitzungssälen, Abstand genommen worden. Für die Küchenanlage, die für 4000 Personen berechnet ist und die mit den Speiseräumen im Dachgeschoß ihren Platz gefunden hat, hat sich allerdings später der Einbau einer künstlichen Lüftung als notwendig herausgestellt.

Statt einer zentralen Kleiderablage mußte man sich bei der Weitschweifigkeit der Anlage mit einer großen Anzahl gleichmäßig verteilter Einzelgarderoben begnügen, die sich möglichst offen an die Korridore anschließen, um diesen Licht und Luft zu gewähren.

Die Art des Betriebes verlangte die Beförderung von größeren Zeichnungen und Aktenstücken. Es kamen daher eine Rohrpostanlage und bei dem ausgedehnten Bau auch einzelne Aktenaufzüge nicht in Betracht. Die ausgeführte Anlage ist eine Vereinigung von Aktenaufzug und Paternosterfahrstuhl. Von einer zentralen Poststelle werden die Aktenkästen zunächst wagerecht nach jedem Längsflügel und in diesem dann senkrecht in die einzelnen Geschosse befördert, wo sie selbsttätig entleert werden.

Die an dem Beispiel des Verwaltungsgebäudes in Siemensstadt erörterten kennzeichnenden Fragen treten tatsächlich gleich oder ähnlich bei fast allen solchen Anlagen auf; die Lösungen sind jedoch verschieden, je nach Besonderheit des Betriebes und der damit verbundenen Programmstellung und der Platzfrage. So weist das Verwaltungsgebäude der Vereinigten Schmirgel- und Maschinenfabrik A.-G., Hannover-Hainholz, im Keller, der für besondere Verwendung, etwa ein Lager, nicht gebraucht wurde, eine zentrale Kleiderablage für etwa 150 Angestellte auf. Durch den Fortfall dieser raumbeanspruchenden Einrichtung konnten die Obergeschosse fast ganz für den reinen Bureaubetrieb frei gehalten werden. Die wenigen Festpunkte um die Haupttreppe, wie Paternoster und Aborte, machten einen bleibenden Korridor nicht erforderlich, und so konnte das Ganze als luftiger Stützenbau ausgebildet werden, wo sowohl große Säle als auch Einzelzimmer nach Bedarf untergebracht werden können. Im Gegensatz hierzu war beim Siemenshaus in Hannover das gesamte Lager im Kellergeschoß unterzubringen. Die Kleiderablagen mußten daher auf die einzelnen Geschosse in der Nähe der Aborte und Waschräume verteilt werden. Diese Verteilung hat wieder den Vorteil, daß sich bei Beginn und Schluß der Geschäftzeit der Verkehr auf mehreren Wegen reibungsloser abwickelt. Die vielen Festpunkte bei dieser Anordnung machten die Anlage eines Mittelkorridors notwendig, der in diesem Fall aus Gestaltungsgründen zu gemauerten Mittelwänden mit gewölbten Öffnungen führte. Die Ausführung großer Säle ist auch bei dieser Grundrißanordnung durch Ausbildung zweier Quersäle an den Stirnseiten des Gebäudes möglich.

Das Verwaltungsgebäude der Hanomag weist durch die Besonderheit des Grundstückes einen langgestreckten Hauptflügel mit zwei kleineren Querflügeln auf. Mit den gut verteilten Treppenhäusern ist die Anlage infolge ihrer freien Stützenteilung sehr wandlungsfähig.

Städtebauliche Grundsätze haben die Gestaltung des Siemenshauses in Mannheim beeinflußt. Der am Zusammenschnitt zweier Straßen liegende Bauplatz machte es naheliegend, durch die axiale Stellung des Gebäudes der einen Straße einen Abschluß zu geben. Zur Steigerung dieser Wirkung schien es erwünscht, das Gebäude etwas nach rückwärts zu verlegen und durch zwei vorspringende Gebäudeteile einen hofartigen Eindruck zu erreichen. In diesen sind die großen Arbeitssäle untergebracht, während sich für die vielen notwendigen Einzelzimmer von selbst der Platz zwischen den beiden Flügeln ergab. Da das Kellergeschoß für Lager und andre Zwecke gebraucht wurde, wurden Garderoben in den einzelnen Geschossen erforderlich.

Eine ganz neuzeitliche Bauart des Bureauhauses ist das Hochhaus. Vorläufig sind wir im großen und ganzen noch nicht gezwungen, aus Platzmangel in die Lüfte zu bauen. Nur in ganz wenigen besonderen Fällen hat das Hochhaus bei uns Berechtigung. Bei großen Verwaltungsanlagen scheint es durchaus angebracht, die Zahl der Stockwerke angemessen zu vermehren, wenn die unteren Stockwerke genügend Licht und Luft haben.

Für das Verwaltungsgebäude als Hochhaus gibt es in Deutschland schon eine Reihe bemerkenswerter Anlagen: das neungeschossige Chilehaus in Hamburg, das siebengeschossige Industriehaus, das Marxhaus in Düsseldorf und der sogenannte Borsigturm. Der Borsigturm, Abb. 3, ist ein Beispiel dafür, wie der Zwang der Verhältnisse zu solchen Turmbauten führen kann. Da das vollausgenutzte Borsigsche Fabrikgelände nirgends mehr Platz für dem inneren Betrieb dienende Geschäftsräume bot, entschloß man sich zu dem turmartigen Hochbau, der in zehn Geschossen die erforderlichen Räume umfaßte. [M 333]

Abb. 3. Borsigturm.

Feuerungstechnik.

Die Kohlenstaubfeuerungsanlage auf der Zeche „Friedrich Ernestine".

Da die Kesselanlage auf der Zeche Friedrich Ernestine bei Essen den neuzeitlichen Anforderungen nicht mehr entsprach, entschloß man sich im Jahre 1921, die vorhandenen Kessel mit Kohlenstaubfeuerungen auszurüsten.

Durch eine Staubabscheideanlage wird der Staub nach dem Rohkohlenstaub-Behälter der Mahlanlage geführt, die vom Kesselbetrieb unabhängig ist. Von dem Behälter gelangt der Staub durch Telleraufgabe-Vorrichtungen und eine Schnecke nach einem Rohstaub-Becherwerk, das ihn auf einen Windsichter hebt. Hier wird er durch einen Lüfter in feinen und in gröberen Staub, sogenannte Griese, getrennt. Der Feinstaub sammelt sich unten in der Spitze des Windsichters und fällt auf eine Schnecke. Die Griese nimmt ihren Weg durch einen Auslauf und ein Abfallrohr zu einer schnellaufenden Dreiwalzenmühle. Aus der Mühle rutscht das gemahlene Gut durch Rohre zum Rohstaub-Becherwerk, von dem es wieder auf den Windsichter gehoben wird, um erneut getrennt zu werden.

Der Feinstaub wird entweder aus dem Windsichter durch Schnecken unmittelbar nach den Kesseln befördert oder durch ein Becherwerk und verschiedene Schnecken nach Feinstaubbehältern geleitet, aus denen er durch Schnecken abgezogen und zu den Kesseln geführt werden kann. Die in der Mahlanlage stehenden Vorrichtungen werden durch einen Zyklonfilter und einen Sauger entstaubt; der Staub wird dem Rohstaub-Becherwerk zugeführt.

Durch die von der Mühle kommenden Schnecken *a*, *b*, Abb. 4 und 5, gelangt der feingemahlene Staub in den Zwischenbehälter *c*, aus dessen Auslauf fällt er in die Meßschnecke *d*, die den Staub in abgemessenen Mengen durch das Rohr *e* zur Luftleitung *f* führt.

Zum Erzielen einer möglichst vollständigen Verbrennung in einer kurzen kugeligen Flamme hat man in der Luftzuführleitung *f* unterhalb des Kohlenstaub-Zuführungsrohres *e* eine verstellbare Drosselklappe *g* eingebaut. Diese drosselt den Luftdruck so stark, daß in Verbindung mit dem durch den Kamin verursachten Luftzug eine Luftleere entsteht und dadurch die mit Kohlenstaub gemischte Luft hinter der Klappe aus dem Brenner in die Verbrennungskammer hineingezogen wird.

Für die Verbrennungskammer wurde eine Birnenform gewählt, die oben den größten Durchmesser hat und sich nach unten verjüngt, Abb. 4 und 5. Hierdurch wird die Schwebedauer der Kohlenstaubteilchen wesentlich verlängert, außerdem vereinigen sich die von der Wandfläche senkrecht abprallenden Wärmestrahlen in der Hauptverbrennungszone, deren Temperatur so erhöht wird.

Die mit dem Kohlenstaub in die Kammer eintretende Luft genügt zu einer vollständigen Verbrennung nicht. Von der Luftzuführleitung sind zwei kleinere Leitungen *h* und *i* für Zusatzluft abgezweigt. Der eine Teil der Luft strömt durch die Leitung *h* in das Rohr *k* und durch die kegelförmige Schamotthaube *l*; diese Luft treibt die Staubteilchen, die von dem nach unten gerichteten Brenner niederfallen, wieder nach oben, so daß

Abb. 4 und 5. Kohlenstaub-Feuerungsanlage der Zeche „Friedrich Ernestine".

a, b Förderschnecken
c Zwischenbehälter
d Meßschnecke
e Kohlenstaub-Zuführungsrohr
f Luftleitung
g verstellbare Drosselklappe
h, i Rohrleitungen für Zusatzluft
k Rohr für Zusatzluft
l Schamotthaube
m Oeffnung für niederfallende Aschenteilchen
n Luftkanäle
o Mantel der Feuerungsanlage

sie, da sie glühend geworden sind, die aus dem Brenner tretenden Staubteilchen entzünden. Die in den Verbrennungsraum hineinragende Haube verhindert, daß die Wärmestrahlen das Wasser im Aschenraum zum Sieden bringen und hebt so die bei offener Verbindung der Verbrennungskammer mit den Aschenräumen entstehende schädliche Wirkung des Wasserdampfes auf den Verbrennungsvorgang auf. Die Haube läßt zwischen der Bodenöffnung und der Verbrennungskammer nur den schmalen Rand *m* frei, der genügt, um allen niederfallenden Aschen- und Schlackenteilchen ungehinderten Durchlaß zu gewähren.

Der andre Teil der Zusatzluft tritt durch das Rohr *i* und die Kanäle *n* von vorn in den Verbrennungsraum ein. Die kreisende Bewegung des Verbrennungsgemisches wird hierdurch auf die Heizgase fortgepflanzt. Durch Regelung des Druckes kann man der Flamme nach Belieben eine bestimmte Drehung, also auch eine kreisende Bewegung erteilen.

Die verteilte Zuführung der Zusatzluft ermöglicht die Bildung von Luftschleiern, die die Wandungen gegen Schlackenangriff schützen; sie führt eine gleichmäßigere Temperaturverteilung über das Mauerwerk herbei und kühlt die aus der Flamme fallenden flüssigen Aschenteilchen ab. Die tägliche Schlackenbildung beträgt bei einem Kohlenstaubverbrauch von etwa 4200 kg rd. 80 bis 90 kg, ist also sehr gering. Die Schlacke wird leicht von Hand entfernt.

Die Erst- und die Zusatzluft wird durch einen Lüfter aus dem von der Kammerwand und dem Mantel *o* gebildeten Luftraum angesaugt. Hierdurch wird eine Abkühlung der Kammerwandungen bei geringern Strahlungsverlusten und eine Vorwärmung der Verbrennungsluft auf 140 bis 150 °C erreicht.

Nach 4500 Brennstunden befand sich die Verbrennungskammer noch in einwandfreiem Zustand. Aus den Betriebsergebnissen geht hervor, daß man gegenüber der früheren Feuerung eine um etwa 30 vH bessere Ausnutzung des Brennstoffes und eine Ersparnis an Arbeitskräften erzielt. Beim Absaugen des aschenreichen Staubes aus der Waschkohle wird die Güte der Koks gesteigert. Auch geringwertige Brennstoffe, wie z. B. Magerkohlenstaub und Ölschiefer, lassen sich mit Erfolg verbrennen. („Glückauf" Bd. 60 (1924) S. 1175.) [M 139] Gw.

Meßgeräte.

Optisches Gerät zur Beobachtung umlaufender Teile in scheinbarer Ruhe (Rotoskop).

In Z. Bd. 68 (1924) Nr. 44 S. 1159 habe ich unter obigem Titel eine optische Einrichtung beschrieben, die ermöglicht, um eine materielle oder ideelle Achse umlaufende Teile in scheinbarer Ruhe zu beobachten; die rege Nachfrage nach diesem Gerät veranlaßt mich, über seine Entstehungsgeschichte sowohl als über die weitere Entwicklung etwas ausführlicher zu berichten.

Das a. a. O. abgebildete Modell war lediglich für Vorführungszwecke bestimmt, aber ohne weiteres da zu gebrauchen, wo die Möglichkeit bestand, verhältnismäßig kleine Gegenstände aus nicht zu großem Abstand unter Umständen bei unmittelbarem Antrieb des Prismas durch die Energiequelle des betreffenden umlaufenden Gegenstandes zu beobachten; in diesem Falle konnten beachtenswerte Abweichungen in dem vorgeschriebenen Übersetzungsverhältnis 2 : 1 vom Objekt zum Prisma durch Torsion nicht auftreten, wenn die betreffende Welle kräftig genug gewählt war, und Unstimmigkeiten bezüglich vollkommenen Stillstandes des umlaufenden Teiles waren nur möglich, wenn sogenannter „Schlag" in den Zahnrädern, d. h. ungenügende Zentrierung eines von ihnen zur optischen Achse des Prismas nachzuweisen war.

Es hat sich herausgestellt, daß für Beobachtungen größerer Gegenstände in einem durch das gegebene Sehfeld des optischen Gerätes entsprechendem Abstand eine gewisse Unabhängigkeit zwischen beiden Teilen wünschenswert erscheint, wie sie bereits bei dem allerersten Gerät dieser Art durchgeführt war, und zwar im Jahre 1912, das auf Anregung des Erfinders, des damaligen Oberingenieurs der Firma Briegleb, Hansen & Co. in Gotha, Dr.-Ing. Dieter Thoma ausgeführt wurde.

Der Genannte ist damals mit dem neuen Gedanken an die Firma Voigtländer & Sohn, Aktiengesellschaft, Optische Werke Braunschweig, herangetreten, und auf seine Anregung hin wurde ein Versuchsgerät gebaut, das in seiner Veröffentlichung „Die neue Wasserturbinen-Versuchsanstalt von Briegleb, Hansen & Co. in Gotha"[1]) eingehend beschrieben ist. Der genannten Firma wurde ein vom 29. Dezember 1912 laufendes Patent Nr. 263 797, (ausgegeben am 11. September 1913) erteilt, dessen Anspruch lautete: „Einrichtung zur Untersuchung umlaufender Maschinenteile während des Ganges, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen das Auge des Beobachters und die zu untersuchende Maschine ein optisches Instrument eingeschaltet wird, welches die zu untersuchende Maschine gleichachsig und spiegelbildlich abbildet und mit annähernd der halben Winkelgeschwindigkeit der zu untersuchenden Maschine in Drehung versetzt wird."

Es bedeutet nach der Patentschrift, vergl. Abb. 6, *a* das Auge des Beobachters, *b* eine Scheibe an der Maschine, die in den Lagern *c* umläuft. *d* ist der optische Apparat, der sich in den Lagern *e* drehen kann. Im Gehäuse *d* sind drei Spiegel *x y* und *z* befestigt. Diese drei Spiegel erzeugen ein seitenverkehrtes Bild der zu beobachtenden Scheibe *b*. Läßt man das Gehäuse *d* umlaufen, während die Scheibe *b* still steht, so dreht sich das von den Spiegeln entworfene Bild in demselben Sinne mit der doppelten Winkelgeschwindigkeit des Gehäuses. Wenn sich die Scheibe *b* selbst dreht, das Gehäuse *d* mit der halben Geschwindigkeit in demselben Sinn umläuft, so steht das von den Spiegeln entworfene Bild still und kann bequem beobachtet werden.

[1]) Verlag der Engelhard-Reyherschen Hofbuchdruckerei in Gotha 1918.

Abb. 6. Optisches Gerät zur Beobachtung umlaufender Teile in scheinbarer Ruhe. Patentzeichnung.

a Auge des Beobachters *b* umlaufende Maschine *c* Lager
d optisches Gerät *e* Lager dazu *x, y, z* Spiegel.

Abb. 7. Praktische Ausführung des Gerätes Abb. 6.

a Auge des Beobachters *b* umlaufende Maschine *c* Lager
d optisches Gerät *e* Lager *p* Prisma *s* spiegelnde Fläche

Als die Firma Voigtländer & Sohn von Briegleb, Hansen & Co. beauftragt wurde, ein für die Praxis bestimmtes Gerät zu bauen, sah sie sich aus Zweckmäßigkeitsgründen veranlaßt, eine Änderung vorzunehmen, und zwar ersetzte sie die sowohl bezüglich Beständigkeit als Empfindlichkeit wenig geeigneten drei Spiegel durch e i n Prisma *p* mit nur e i n e r spiegelnden Fläche *s*, Abb. 7.

Die Firma Voigtländer meldete nun ihrerseits auf das Prisma nebst Lagerung die Eintragung des DRGM 563 500 vom 11. August 1913 an, erfuhr aber bei dieser Gelegenheit, daß der ganze Erfindungsgedanke bereits im Jahre 1891 in der französischen Zeitschrift „La Nature" S. 241 unter dem Titel „Le Cyclostat" veröffentlicht war.

Das Gerät wurde danach mit der in Abb. 8 angedeuteten Erweiterung gebaut, da die Aufmerksamkeit des Beobachters besonders auf einen kleinen Bereich am Rande der Scheibe gerichtet werden soll; in diesem Falle kann das Bild dieses Bereichs, wie bereits in der betreffenden Patentschrift erwähnt, durch die Anordnung zweier Spiegel oder Prismen *v* und *w*, die auf der umlaufenden Scheibe *b* selbst befestigt sind, beobachtet werden.

Die heutige, mit Rotoskop bezeichnete Bauart des Gerätes zeigt Abb. 9 bis 11. Ein sogenanntes Dovesches Prisma, das zur Gruppe der „geradsichtigen" gehört, so daß der in das Prisma eintretende mittlere Strahl in der gleichen Höhenlage wieder austritt, ist in einer Büchse gelagert, deren Hohlraum, entsprechend dem Querschnitt des Prismas quadratisch ist; die Lagerung des auf diese Weise eingebetteten Prismas ist so gewählt, daß eine Justierung zu der ideellen Achse der beiden Kugellager möglich ist, mit deren innerem Ring das Prisma und somit auch die Büchse starr verbunden ist. Die äußeren Laufringe der Kugellager sind in dem mit Rippen versteiften Gehäuse in bekannter Weise eingebaut.

Das Prisma wird im allgemeinen durch eine Riemenscheibe angetrieben, die mit der Lagerbüchse des Prismas mechanisch vereinigt ist. Die Riemenscheibe hat eine Bohrung, die dem Strahlenkegel entspricht oder sich nach dem Objekt zu erweitert. Zur Erhöhung des Gleichmäßigkeitsgrades ist eine Schwungscheibe vorgesehen, die mit der Riemenscheibe umläuft, sowie eine Bremsscheibe zum Ausgleich etwaiger Unstimmigkeiten in den Umlaufzahlen für den Fall, daß das Prisma etwa zu schnell umlaufen sollte. Um das Prisma gegen äußere Einflüsse zu schützen, sind an seinen beiden Seiten planparallele Glasplatten angebracht, die mit Visiermarken versehen sind.

Für besondere Zwecke kann das Gerät auch durch eine biegsame Welle angetrieben werden, für Sonderfälle ist am Gerät bereits eine Übersetzung von 2 : 1 durch ein Zahnradgetriebe vorgesehen.

Beim Ausrichten des Rotoskops an dem zu beobachtenden Maschinenteil oder dergl. ist vor allem danach zu streben, daß die Achsen beider Umlaufsysteme in einer geraden Linie liegen; zu diesem Zweck wird das Rotoskop zunächst ungefähr in die erforderliche Höhenlage gebracht unter Innehaltung einer möglichst genauen, wagerechten Lage; die seitliche Einstellung kann ebenfalls vorläufig in guter Annäherung versucht werden, wohingegen zur Feineinstellung sowohl nach der Höhe als nach der Seite die dafür vorgesehene mechanische Justiervorrichtung benutzt werden muß. Eine wesentliche Erleichterung dabei sind die beiden erwähnten Visiermarken (ein Kreuz und ein Kreis), die ungefähr in der deutlichen Sehweite, rd. 25 cm von der Okularmuschel entfernt, zu erkennen und gleichzeitig auf die Achse des zu beobachtenden Gerätes einzustellen sind.

Über die verschiedenen Anwendungen des Rotoskops wird nach Abschluß der zurzeit im Gange befindlichen Versuche berichtet werden. Wie bereits in der ersten Veröffentlichung erwähnt, hat Dr.-Ing. T h o m a Strömungsvorgänge bei Turbinen hiermit mit gutem Erfolge beobachtet, und es ist zu erwarten, daß das Gerät auch auf mehreren andern Gebieten benutzt werden wird, sobald sein für die Praxis bestimmter Aufbau weiteren Kreisen, insbesondere den Laboratorien von Hochschulen und Maschinenfabriken, bekannt geworden sein wird.

Neuerdings ist das Rotoskop von der Albo-Kupplung G. m. b. H. in Baden-Baden zu beachtenswerten Versuchen verwendet worden. Es handelte sich hierbei darum, zu zeigen, wie die Riemenscheibe eines mit etwa 1500 Uml./min umlaufenden Elektromotors auf Grund bisher unbeachtet gebliebener mechanischer Begleiterscheinungen elektrischer Schaltvorgänge plötzlich verzögert und jeweils um etwa 15° in ihrer Drehbewegung zurückgeworfen wird. Eine Kupplung wird auf Grund dieser Wirkung zum Eingriff gesteuert, wobei lediglich

RZ870Z3

Abb. 8. Optisches Gerät mit Erweiterung. *v w* Prismen

RZ870Z6

Abb. 11. M. rd. 1 : 2,5

RZ870Z4u5

Bei gleicher Drehrichtung { Umlaufzahl des Objektes: n ; Umlaufzahl des Gerätes: $\frac{n}{2}$ }

a Dosenlibelle *b* seitliche Feineinstellung *c* Feinregelung für Backenbremse *d* Visierscheibe mit Kreismarkierung *e* Zahnradgetriebe, Uebersetzung 2 : 1 *f* Anschluß für biegsame Welle *g* Schwungrad *h* Visierscheibe mit Kreuzmarkierung *i* Höhen-Feineinstellung *k* Bohrungen für Befestigungsschrauben.

Abb. 9 bis **11.** Gerät zur Beobachtung umlaufender Teile in scheinbarer Ruhe, heutige Ausführung. M. 1 : 2,5.

der physikalische Vorgang das Bindeglied zwischen Schalter und Kupplung bildet.

Die Beobachtung der beschriebenen Vorgänge wurde in sehr einfacher Weise mit dem Rotoskop durchgeführt, indem Marken am Läufer und an einer gleichfalls umlaufenden Masse angebracht wurden, die an der plötzlichen Verzögerung nicht teilnahmen.

Braunschweig. [M 870] Karl Pritschow.

Ungewöhnliche Fachwerkbogen-Konstruktion einer Eisenbetonbrücke.

Berichtigung: Bei der auf S. 450 beschriebenen Eisenbetonbrücke betrug die durchschnittliche Bruchbelastung vor der Bauausführung rd. **183** kg/cm² nach 7 Tagen und **291** kg/cm² nach 28 Tagen Erhärtungsdauer, bei Proben während der Ausführung **223** kg/cm² bzw. **378** kg/cm². [N 512]

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereines deutscher Ingenieure. Herausgegeben von Conrad Matschoß. 13. Bd. 150 S. mit 61 Abb. u. 3 Bildnissen. Berlin 1923, VDI-Verlag, G. m. b. H. Preis geb. 16 *M*.

Wenn der verdienstvolle Herausgeber des Jahrbuches im Vorwort zum ersten Bande darauf hinwies, daß sich ohne die Mitarbeit weiter Kreise die technische Geschichte der neueren Zeit nicht schreiben lasse, so hat er damit wohl zweifellos recht; zu befürchten war damals nur, daß bei der starken beruflichen Inanspruchnahme der Ingenieurwelt und bei ihrer meist sehr geringen Neigung, sich schriftstellerisch zu betätigen, sich kaum genügend Fachgenossen finden würden, die wertvolle Mitarbeit in dem Umfange zu leisten, daß alljährlich ein technischer Geschichtsband von bleibendem Wert zustande kommen konnte.

Daß diese Befürchtungen unbegründet waren, beweist die staatliche Bandzahl der bisher erschienenen „Beiträge", über deren Bedeutung und Notwendigkeit für die technische Erziehung und Bildung überhaupt heute wohl kein Zweifel besteht. Die Vielseitigkeit der behandelten Gebiete der Technik, ihre gründliche wissenschaftliche Behandlung und die Lebensbeschreibungen bedeutender Männer, durch deren Wirken die technischen Fortschritte geschaffen wurden, machen das Jahrbuch zu einer wertvollen Ergänzung der andern literarischen Unternehmungen des Vereines deutscher Ingenieure.

Der vorliegende Band reiht sich seinen Vorgängern vollwertig an.

Ein Bild von der Entwicklung einer Großfirma bietet Dr.-Ing. H. Voigt, der Gründer und langjährige Leiter der Firma Voigt & Haeffner, das um so wertvoller ist, als es das Werden eines Ingenieurs und seines Unternehmens aus seinem eigenen Erleben packend zu schildern versteht. Man kann es sich heute gar nicht mehr vorstellen, wie es noch vor 40 Jahren in der elektrotechnischen Industrie aussah und welche Mühe es gemacht hat, einen einfachen brauchbaren Schalter zu erfinden, wo jeder sein eigenes „System" hatte usw. und was alles dazu gehörte, um einer jungen Firma die nötige Kundschaft zu erwerben: „Das Machen ist nicht schwer, schwerer schon ist das Verkaufen, das schwerste aber ist das Geldkriegen", meint Voigt. Wer dächte da nicht an unsere heutigen Verhältnisse, wo so mancher in Deutschland wieder von vorn anfangen muß. Auch sollte man den Rat, der am Ende der Abhandlung gegeben wird, heute ganz besonders beherzigen und bedenken, „. . . daß das Verständnis der Arbeiterseele mit zu den Mitteln gehört, ohne die ein gewerbliches Unternehmen kaum zur richtigen Blüte zu bringen ist".

„Von der Kupferschmiede zur Großindustrie" erzählt der inzwischen leider verstorbene Baurat Dr.-Ing. Eugen Hausbrand, indem er das Lebenswerk von C. J. Heckmann schildert, der 1816 aus Eschwege nach Berlin kam, 1819 am Hausvogteiplatz eine kleine Kupferschmiede errichtete und daraus in 50jähriger rastloser, zielbewußter Arbeit ein Weltunternehmen machte. Im Anschluß hieran werden in Einzeldarstellungen die Kupferschmiederei, der Bau der Apparate für die verschiedensten Industriezweige und die Warmwasserheizung behandelt.

Ober-Reg.-Rat a. D. Pfeiffer, Erfurt, gibt eine fesselnde Entwicklungsgeschichte der zahllosen Patente der Schreibmaschine bis 1900 und ihre Vorgeschichte, die auf ein englisches Patent von 1714 zurückgeht. Eine Geschichte der Schokolade und ihrer Industrie von Dr.-Ing. Hugo Th. Horwitz, Wien, zeigt, wie sich eine ursprünglich von Frauen eines exotischen Volkes ausgeübte häusliche Tätigkeit allmählich über ein europäisches handwerkliches Gewerbe zum industriellen Großbetrieb entwickelt hat.

Aus der von Prof. Alfred Bick, Prag, verfaßten Geschichte des Suezkanals erfahren wir, daß Lesseps keineswegs der große Ingenieur und Erbauer des Suezkanals gewesen ist, als den man ihn sonst nennen hört, sondern daß Negrelli der Schöpfer des schleusenlosen Kanals gewesen ist. Auf den Forschungen des Generalleutnants Rathgen baut Dr. phil. Johann Ottsen einen Bericht über den derzeitigen Stand unserer Kenntnisse von den Anfängen der Pulverwaffen auf, aus dem als besonders wichtig hervorgeht, daß man in Deutschland die kleinen wie die großen Geschütze von Anfang an gegossen hat und daß die ersten Bronzegeschütze in Italien erst 1376 in Venedig durch einen Deutschen gegossen wurden. Den Lebensgang von Justus Liebig und seine Bedeutung als Förderer der chemischen Industrie schildert Prof. Dr. B. Rassow, Leipzig. Ohne Liebigs Lebenswerk wäre der Aufschwung der deutschen chemischen Industrie, der im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts einsetzte, kaum möglich gewesen.

Wie diese kurzen Hinweise zeigen dürften, ist auch der Inhalt des neuen Jahrbuches wiederum sehr wertvoll und lesenswert; überflüssig zu bemerken, daß die äußere Form wieder von der bekannten Güte ist. Keiner wird das Buch unbefriedigt aus der Hand legen, eine weitgehende Verbreitung unter den gebildeten Lesern, nicht nur den Fachgenossen, ist ihm nur zu wünschen.

[E 953] Lohse.

Industrielle Materialienkunde. Handbuch für die Praxis. Bearb. von Siegfried Herzog. München-Berlin 1924, R. Oldenbourg. 364 S. Preis geh. 10 *M*, geb. 12 *M*.

Das gewaltig große Gebiet der in der Industrie verwendeten Stoffe ist in den beiden Abschnitten des Buches: „Natürliche Materialien" und „Erzeugte Materialien" untergebracht. Ein Anhang mit einzelnen Stoffen und technischen Tafeln im Umfange von 28 Seiten schließt sich an. Das Inhaltverzeichnis enthält etwa 3700 Stichwörter. Die einzelnen Gebiete und Stoffe sind im allgemeinen ihrer jeweiligen Bedeutung entsprechend ausführlich oder kurz behandelt und in Gruppen zusammengefaßt, die z. B. im ersten Abschnitt benannt sind: Steine und Erden, Erze, Brennstoffe, Tierische Stoffe, Pflanzliche Stoffe. Das Werk ist als Handbuch, Nachschlagewerk gedacht. Die Erfüllung dieser Bestimmung wird aber außerordentlich erschwert dadurch, daß die Stichwörter im Druck nicht hervorgehoben sind und dadurch, daß die durchaus verschiedenen Verwendungsgebieten angehörenden Stoffe in den gewählten Abschnitten ohne äußerliche Trennung absatzweise fortlaufend aufgeführt sind. Eine große Zahl von Druckfehlern bedarf noch der Richtigstellung. Die Einschaltung von vielen Tafeln, Liefervorschriften sowie Handelsarten und -marken der Stoffe gibt neben der Reichhaltigkeit dem Buche seinen Wert.

[E 340] De.

The Elements of Machine Design. By S. J. Berard and E. O. Waters. New York 1924, D. van Nostrand Company. 323 S. m. 244 Abb. Preis $ 2,50.

Das vorliegende Werk ist für den Unterricht an amerikanischen technischen Schulen und zum Selbstunterricht bestimmt. Nach einer kurzen Einführung in Mechanik, Festigkeitslehre, mechanische Technologie, Stoffkunde und Maschinenzeichnen behandelt es in elementarster Weise die festen Verbindungen und die eigentlichen Maschinenelemente und schließt mit der Herstellung von Lichtpausen. Unmittelbare Anwendung des gebotenen Stoffes und Erfüllung der praktischen Bedürfnisse der jungen Studierenden ist allein maßgebend. Eine tiefere systematische Behandlung oder ein Hinweis auf Probleme, schwierige Fragen oder verschiedene Ansichten ist nicht beabsichtigt. Für uns ist das Buch darum nur lehrreich durch die Wiedergabe vieler amerikanischen Konstruktionen und abweichenden Berechnungsverfahren, z. B. für Niete, Zahnräder und Riemen, und gute Aufzählung der amerikanischen Literatur am Schluß jedes einzelnen Abschnittes. [E 159] Kutzbach.

William Thomas Mulvany 1806—1885. Ein Beitrag zur Geschichte der rheinisch-westfälischen Großindustrie und der deutsch-englischen Wirtschaftsbeziehungen im 19. Jahrhundert. Von Kurt Bloemers. Essen 1922, G. D. Baedecker. 218 S. m. 2 Taf. und 4 Karten. Preis geh. 6 *M*.

Das Buch ist der 8. Band der Veröffentlichungen des rheinisch-westfälischen Wirtschaftsarchivs. Mulvany hat bis zu seinem 48. Lebensjahr in Irland an hervorragender Stelle gewirkt. Ursprünglich zum Arzt bestimmt, wurde er Landmesser und Ingenieur. In staatlicher Stellung brachte er es zum Kommissar der öffentlichen Arbeiten, dem Wasserbau, Straßen- und Eisenbahnbau unterstanden. In großzügiger und weitschauender Weise hat er Meliorationsarbeiten durchgeführt, sich für Regulierung der Wasserstraßen, Anlagen von Häfen und Brücken eingesetzt und sich besonders nach der Mißernte und Hungersnot von 1845 der irischen Bevölkerung angenommen.

Uns liegt seine Arbeit im rheinisch-westfälischen Bergbau nach dem Ausscheiden aus dem irischen Dienste näher. Reisen führten ihn u. a. nach Deutschland, wo er die bergbauliche Zukunft des rheinisch-westfälischen Gebietes erkannte. 1855 zog er nach Düssel-

dorf und gründete im gleichen Jahr die Gewerkschaft Hibernia in Gelsenkirchen, deren Kuxe alle in der Hand von Iren waren. Mulvany war der geschäftliche Leiter des Unternehmens, das allmählich die Ausbeutung einer ganzen Reihe von Kohlengruben übernahm. 1865 gründete er die Preußische Bergwerks- und Hütten-Aktien-Gesellschaft, die drei Kohlengruben und das Hüttenwerk Vulkan umfaßte. 1871 schuf er mit hervorragenden Vertretern der Industrie und den drei großen rheinischen Eisenbahngesellschaften den Verein zur Wahrung der gemeinsamen wirtschaftlichen Interessen in Rheinland und Westfalen.

Das Buch ist mehr als eine einfache Lebensbeschreibung. Sein geschichtlicher Wert liegt in der Art, wie im Zusammenhang mit Mulvanys Tätigkeit die wirtschaftlichen Zusammenhänge herausgearbeitet sind, z. B. der Querschnitt durch die irischen Verhältnisse, oder die Entwicklung des Verkehrs der drei rheinischen Eisenbahngesellschaften und ihrer Tarifpolitik. Mulvanys Grundsatz, daß der billigste Frachtentarif durch seine verkehrfördernde Wirkung der Gesellschaft den größten Gewinn verspreche, hat die Praxis glänzend bestätigt. Es gibt wenige Bücher, die die Entwicklung Rheinland-Westfalens und besonders seines Steinkohlenbergbaues gerade in den wichtigen Jahrzehnten von 1850 und 1880 gleich anschaulich schildern.

[E 76] H. Häneke.

Chinesisch-deutsches Wörterbuch. Von W. Rüdenberg. Hamburg 1924, L. Friederichsen. IX u. 687 S. 6400 Schriftzeichen mit ihren Einzeldeutungen u. d. gebräuchlichsten Zusammensetzungen. Preis 42 *M*.

Nach der Vorrede dieses Wörterbuches hat der frühere Legationsrat in Peking, E. Krebs, ausgesprochen, das große Wörterbuch von H. A. Giles werde allen Bedürfnissen notdürftig gerecht; das muß wohl auch die Ansicht mancher anderen gewesen sein, denn sonst wäre es kaum zu verstehen, daß wenigstens von deutschen Sinologen auf lexikalischem Gebiete fast keine Arbeiten vorhanden sind; außer mehreren Werken der katholischen Mission für Südschantung wüßte ich jedenfalls keine anzugeben, und diese sind wenig in den Buchhandel gekommen und in Deutschland kaum zu haben.

Man muß befürchten, daß das angeführte Urteil von einem Mann herrührt, der überhaupt selten nach einem ausländischen, viel öfter nach einem rein chinesischen Wörterbuche greift, und daß es daher für die vielen nicht gilt, die nur ein paar Jahre — und nicht Jahrzehnte — dem Studium der chinesischen Sprache widmen können. Denn — sehen wir einmal ganz ab von allen älteren Phasen der Sprache, die zwar Giles, aber weniger oder gar nicht Rüdenberg berücksichtigt, — der alte Giles hat in der Neubearbeitung (1908/12) zwar versucht, der modernen Entwicklung der Sprache nachzugehen und Ausdrücke der heutigen Umgang- und Schriftsprache, die einer einheitlichen „gemeinchinesischen" Sprache zustrebt, in größerer Menge aufzuführen, aber trotzdem läßt das Wörterbuch den Leser der heutigen Zeitungen und Zeitschriften auf Schritt und Tritt im Stich, natürlich nur den Lernenden, nicht den Könner, der sich viele neugebildete Ausdrücke aus der Art der Zusammensetzung erklären oder bisweilen auch aus dem Zusammenhang erraten kann.

Als allgemein bekannt sei hier nur noch nebenbei bemerkt, daß das Gilessche Buch methodisch seit der Ausgabe von 1892 keinerlei Fortschritte gemacht hat, daß insbesondere die wissenschaftliche Durcharbeitung der größeren Artikel, die deutlichere Scheidung der verschiedenen Bedeutungen eines Zeichens und die sachmäßige Einteilung der Beispiele, die das Aufsuchen erleichtert hätte, auch in der neuen Ausgabe völlig unterblieben ist.

Für die praktischen Bedürfnisse des deutschen Dolmetschers, Kaufmanns, Ingenieurs und Lehrers in China hat nun Rüdenberg sein Werk in mühseliger, zehnjähriger Arbeit hergestellt. Ein großer Teil der Deutschen, die nach China gehen, versteht wohl Englisch, wenn auch in den ersten Jahren oft recht wenig, die meisten benutzen aber dort lieber ein deutsches als ein englisches Wörterbuch, besonders wenn es ihnen für ihre praktischen Zwecke mehr als der Giles bietet, und sie werden das Erscheinen des Rüdenbergschen Buches begrüßen. Ob das Buch zum Studium der klassischen Sprache dienen kann, bleibe dahingestellt, sicher ist, daß es für die heutige Zeitungs- und Umgangsprache ein ausgezeichnetes Hilfsmittel bietet.

Besonders erfreulich scheint, daß das Buch die durch den weitverbreiteten Lehrgang der nordchinesischen Umgangsprache von Lessing-Othmer eingebürgerte deutsche Umschrift als Grundlage wählt, weil die Anfänger, die sich 1 bis 1½ Jahre fleißig mit dem Lehrbuch beschäftigt haben und dann zu einem Wörterbuche greifen wollen, angenehm empfinden werden, bei der ihnen geläufigen Umschrift bleiben und sich auf diese Weise leichter in die Sprache einarbeiten zu können. Für die meisten wird sich da freilich die Notwendigkeit zeigen, weiter zu arbeiten und eine Sammlung der gebräuchlichsten Ausdrücke des Sondergebietes anzulegen, diese vielleicht sogar in das Wörterbuch hineinzuschreiben; denn bei der Unsicherheit der Bezeichnungen und bei dem fortwährenden Auftauchen neuer Zusammensetzungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik, des Maschinenbaues, der Chemie usw. kann selbstverständlich kein allgemeines Wörterbuch eine größere Sammlung solcher Fachausdrücke enthalten.

So bleibt auch in Zukunft immer noch genug zu tun übrig; aber zunächst wollen wir uns freuen, daß wir jetzt auch ein größeres chinesisches Wörterbuch in deutscher Sprache haben, das ein brauchbares und wertvolles Werkzeug zur Erlernung der schweren Sprache bilden kann.

[E 176] Prof. Dr. Othmer.

Radio-Technik für Amateure. Von Ernst Kadisch. Berlin 1925, Julius Springer. 208 S. m. 216 Abb. Preis 5,10 *M*.

Bestimmung der Rohrweiten von Dampfleitungen, insbesondere von Niederdruck- und Unterdruck-Dampfleitungen. Von Johann Schmitz. München und Berlin 1925, R. Oldenbourg. 4 S. m. 17 Taf. Preis 4,20 *M*.

Betriebstaschenbuch. Herausg. v. R. Horstmann u. K. Laudien. **Bau, wirtschaftliche Bewertung und Betrieb von Hebezeugen.** Von Carl Ritter. Leipzig 1925, Max Jänecke. 196 S. m. 165 Abb. Preis 4,25 *M*.

Bau und Betrieb moderner Konverterstahlwerke und Kleinbessemereien. Eine Darstellung von Hubert Hermans. Halle 1925, Wilh. Knapp. 251 S. m. 217 Abb. Preis 12 *M*.

Die volkswirtschaftliche Bedeutung der sächsisch-thüringischen Braunkohlenteer- u. Montanwachsindustrie. Von W. Grosse. Halle 1924, Wilhelm Knapp. 45 S. Preis 2,70 *M*.

Die deutsche Bleifarbenindustrie vom Standpunkt der Hygiene. Von K. B. Lehmann. Berlin 1925, Julius Springer. 95 S. Preis 3,90 *M*. (Schriften a. d. Gesamtgebiete der Gewerbehygiene neue Folge H. 11.)

III. Tagung des Allgem. Verbandes der Deutschen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine am 16. und 17. Juni 1924 zu Nürnberg. Berlin 1925, VDI-Verlag. 81 S. m. 56 Abb. Preis 10 *M*.

Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft. **Tafeln zur Berechnung eiserner Eisenbahnbrücken** nach den Vorschriften für Eisenbauwerke. Berlin 1925, Wilhelm Ernst & Sohn. 28 S. m. 23 Taf. Preis 2,10 *M*.

Handbibliothek für Bauingenieure. Herausg. von Robert Otzen. T. II, Bd. 8: **Verkehr u. Betrieb der Eisenbahnen.** Von Otto Blum, G. Jacobi u. Kurt Risch. Berlin 1925, Julius Springer. 418 S. m. 86 Abb. Preis 21 *M*.

T. II, Bd. 2: **Linienführung.** Von Erich Giese, Otto Blum u. Kurt Risch. Berlin 1925, Julius Springer. 435 S. m. 184 Abb. Preis 21 *M*.

Gasmaschinen und Ölmaschinen. Von Alfred Kirschke. 3. Aufl. T. 2: Großgasmaschinen, Ölmaschinen (Dieselmaschinen u. Glühkopfmaschinen) u. Gasturbinen. Von Ernst Oehler. Berlin u. Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 144 S. m. 65 Abb. Preis 1,25 *M*. (Sammlung Göschen Bd. 651.)

Im ersten Abschnitt werden die Großgasmaschinen einschließlich der Leistungserhöhung, im zweiten die Ölmaschinen und daran anschließend die Brennstoffe behandelt.

Handbuch der Mineralöl-Industrie. Von Ernst Herzenberg. Berlin 1925, Mundus Verlagsanstalt. 376 S. Preis 15 *M*.

Die mehr als 1000 deutschen Hersteller-, Import- und Großhandelsfirmen sind in örtlicher Zusammenfassung mit eigenen Angaben über Inhaber, Aufsichtsräte, Geschäftsführer, Arbeitsgebiet, Besitzstand usw. aufgenommen. Die Verbände und Verkaufsvereinigungen sowie die Fachliteratur sind am Schlusse des Buches zusammengestellt.

Das Fernsprechwesen. Von W. Winkelmann. T. I: Grundlagen u. Einzelapparate der Fernsprechtechnik. Berlin u. Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 123 S. m. 65 Abb. Preis 1,25 *M*.

Das Problem der Industriearbeit. 2 Vorträge, geh. von Hugo Borst u. W. Hellpach. Berlin 1925, Julius Springer. 69 S. Preis 2 *M*.

Die Industriebelastungsgesetze vom 30. August 1924. Erl. v. Max Lion. Berlin 1925, Carl Heymann. 143 S. Preis 5 *M*.

Jahrbuch der bayerischen Wirtschaft. 1925. Mit zahlr. Abb. Herausg. von Stanges Technischer Beratungsstelle. München, Max Heitner. 567 S. Preis 7,50 *M*.

Neue Ökonomische Politik. NEP. Privatkapital in Industrie und Handel der Union der S. S. R. Von Wladimir Sarabianow. Berlin 1925, Neuer Deutscher Verlag. 30 S.

Internationale Arbeitsgemeinschaft für wissenschaftliche Wirtschaftsordnung. Erw. Vortrag v. Otto Lang. Wien 1925, Anzengruber-Verlag, Brüder Suschitzky. 63 S. Preis 1 *M*.

Der Zug nach U. S. A. Gedanken einer Amerikareise 1924. Von P. Riebensahm. Berlin 1925, Julius Springer. 22 S. m. ein. Abb. Preis 1 *M*.

Grundlagen für den praktischen Eisenbetonbau. Von Georg Padler. Berlin 1925, Industriebeamten-Verlag, G. m. b. H. 299 S. m. 79 Abb. u. 38 Tab. Preis 7,20 *M*.

Sachs-Villatte. Enzyklopädisches französisch-deutsches u. deutsch-französisches Wörterbuch. Hand- u. Schul-Ausgabe. T. I: Französisch-Deutsch. T. II: Deutsch-Französisch. Von Karl Sachs. Neubearb. von Karl Moser. Berlin-Schöneberg, Langenscheidtsche Verlagsbuchhandlung. T. I: 944 S. Preis 17,50 *M*. T. II: 970 S. Preis 17,50 *M*.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Über Selbstentzündung von Ölen und Brennstoffen.

In der in Z. Bd. 68 (1924) S. 1150, erschienenen Arbeit schreibt H. Jentzsch: „Es ist bekannt, daß man bei Flammpunktbestimmungen nach Marcusson auch Werte erhält, die um 20 bis 40 ° und noch höher als die im Pensky-Martensschen Apparat bestimmten liegen.“

Der Apparat von Marcusson dient zur Bestimmung des Flammpunktes im offenen Tiegel und ähnelt dem von Sommer & Runge in den Handel gebrachten Flammpunktprüfer. Die Flammpunktprüfer kosten vollständig 35 bis 45 ℳ.

In der Chemischen Revue über die Fett- und Harzindustrie (heute Chemische Umschau) 1905 S. 26 habe ich die Ergebnisse von Flammpunktbestimmungen veröffentlicht, die mit Hilfe eines mit den einfachsten Mitteln hergestellten Apparates ausgeführt wurden; diese Werte waren bei 18 verschiedenen Mineralölen in 15 Fällen nur 1,5 bis 4 ° von den im Pensky-Martensschen Apparat erhaltenen verschieden und nur in drei Fällen um 5 bis 7 ° höher. Der Apparat, Abb. 1, besteht aus dem Sandbad *a* mit einem etwa 12 cm hohen Blechring *b*. In das Sandbad wird der für die Flammpunktbestimmungen vorgeschriebene Tiegel *c* von 40 mm Höhe und 40 mm Dmr. bis nahe an der Öloberfläche, die 10 mm vom oberen Rande entfernt ist, eingebettet. Auf den Tiegel wird ein kegeliger, in der Mitte durchbohrter Schamottetiegeldeckel *d* gesetzt. Die lichte Weite seiner Öffnung beträgt etwa 13 mm, so daß neben dem durch die Öffnung geführten Thermometer noch genügend Raum freibleibt, um das Zündflämmchen einzubringen, ohne daß man das Thermometer beeinflußt. Als Zündflamme wird die kleine Flamme eines Lötrohres verwendet, das man mit der Hand in bekannter Weise über die Öffnung hinweg führt.

Abb. 1. Apparat zur Flammpunktbestimmung.
a Sandbad *b* Blechring 12 cm *c* Tiegel
d Tiegeldeckel aus Schamotte.

Mit Hilfe dieser einfachen Einrichtung, die man selbst bauen kann, kommt die Flammpunktbestimmung im Wesen der Bestimmung im Pensky-Martensschen Apparat ziemlich nahe. Allerdings ist es nicht mehr eine Bestimmung im offenen Tiegel, aber die erhaltenen Flammpunkte sind viel zuverlässiger und genauer als die im offen Tiegel. Die Werte in Zahlentafel 1 zeigen offensichtlich, daß der beschriebene Apparat zur Flammpunktbestimmung empfohlen werden kann.

[D 312] Prof. Dr. W. Herbig, Chemnitz.

Erwiderung.

Zu obiger Zuschrift bemerke ich folgendes:

Unter 225 von mir untersuchten Schmierölen hatten 46 einen bis zu 10 °, 106 einen bis zu 20 °, 48 einen bis zu 30 ° und 25 einen bis zu 50 ° höheren Flammpunkt im offenen Tiegel als im Pensky-Martens-Apparat. Nach Holde „Untersuchung der Mineralöle und Fette“, 1905 S. 147 können die Unterschiede unter Umständen mehr als 140 ° betragen. Die Höhe der Unterschiede hängt eben vom Gehalt an leicht flüchtigen und im geschlossenen Gefäß sehr früh entzündlichen Ölen ab. H. Jentzsch.

Zahlentafel 1. Ergebnisse von vergleichenden Flammpunktbestimmungen.

Nr.	Art des Öles	I. Pensky-Martens			II. Tiegel mit Deckel			III. Tiegel offen			Unterschied I und II	Unterschied I und III
		°C	°C	Mittel °C	°C	°C	Mittel °C	°C	°C	Mittel °C	°C	°C
1	Extra-Dark-Valve-Zylinderöl	308	306	307	305	305	305	—	—	—	− 2	—
2	Lokomotive-Valve-Zylinderöl	291	290	290,5	294	293	293,5	300	300	300	+ 3	+ 10
3	Dark-Valvonit-Zylinderöl	286	284	285	290	288	289	298	299	298,5	+ 4	+ 13,5
4	Valvonit-Zylinderöl, Spezial	283	281	282	284	283	283,5	294	296	295	+ 1,5	+ 13
5	Dark-Vacuum-Zylinderöl S. P.	267	267	267	265	267	266	278	278	278	− 1	+ 11
6	Dark-Zylinderöl, Marke N	259	261	260	260	261	260,5	273	275	274	+ 0,5	+ 14
7	Valvonit-Zylinderöl, Marke A. A.	255	254	254,5	259	259	259	264	268	266	+ 4,5	+ 11,5
8	S S S-Valve-Zylinderöl	252	250	251	254	254	254	263	263	263	+ 3	+ 12
9	Filtered Zylinderöl, Marke A. A.	250	250	250	253	253	253	261	261	261	+ 3	+ 11
10	Filtered Zylinderöl, Marke S.	246	246	246	246	246	246	254	255	254,5	0	+ 8,5
11	Extra-Zylinderöl, Marke A. A.	226	227	226,5	234	233	233,5	252	252	252	+ 7	+ 25,5
12	Valvonit-Maschinenöl, rötlich	195	196	195,5	198	200	199	218	216	217	+ 3,5	+ 21,5
13	Red Engine-Oil, Marke V.	197	197	197	200	202	201	212	212	212	+ 4	+ 15
14	Red Machinery-Oil, Marke X. X.	196	197	196,5	200	198	199	214	213	213,5	+ 2,5	+ 17
15	Gasmotorenöl, Marke II	185	184	184,5	189	190	189,5	200	199	199,5	+ 5	+ 15
16	Mineral-Wollöl	171	171	171	175	174	174,5	183	183	183	+ 3,5	+ 12
17	Marineöl, Marke F	164	163	163,5	170	170	170	181	182	181,5	+ 6,5	+ 18
18	Russisches Vulkanöl, D	145	144	144,5	146	147	146,5	160	162	161	+ 2	+ 16

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 23. MAI 1925 NR. 21

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 736.

Die Erwärmung und Abkühlung einfacher geometrischer Körper.

Von Dr.-Ing. Heinrich Gröber, Berlin-Wilmersdorf.

Mitteilung aus dem Ausschuß für Wärmedurchgang des Vereines deutscher Ingenieure[1]).

Damit der zeitliche Verlauf der Durchwärmung und Abkühlung von Kugeln, Zylindern und Platten in einfacher Weise verfolgt werden kann, sind die einschlägigen Funktionen in Schaulinien dargestellt worden. Bei ihrer Bewertung ist zu beachten, daß sich viele Aufgaben aus der Feuerungs- und Heiztechnik, der Metallverarbeitung und Metallvergütung auf die Erwärmung und Abkühlung solch einfacher Körper zurückführen lassen. In manchen Fällen fehlen im technischen Schrifttum noch die Angaben über die Wärmeübergangszahlen. Hier kann man die Schaubilder umgekehrt dazu verwenden, um aus gemessenem Temperaturverlauf die Kenngrößen und daraus die Wärmeübergangszahl zu finden. — In einem Nachtrag wird auf eine Arbeit von Williamson und L. H. Adams hingewiesen.

Die technische Lehre von der Wärmeübertragung hat sich bisher in überwiegendem Maße mit den Wärmeleitvorgängen im Beharrungszustand befaßt, obwohl die Vorgänge des Anwärmens und Abkühlens von festen Körpern überall in dem weiten Bereich der Technik eine große Rolle spielen.

Zwar hat die mathematische Physik diese Vorgänge für die einfachsten Körper schon seit langem genau erforscht, aber diese Ergebnisse sind nicht in das technische Schrifttum eingedrungen. Der Grund dafür liegt in der Unhandlichkeit und Unübersichtlichkeit der Schlußformeln, die meist Fouriersche oder ähnliche unendliche Reihen enthalten. Für ihre Auswertung fehlen aber dem Praktiker meist die Vorkenntnisse und immer die Zeit; er kann nicht tagelang rechnen, um einen einzigen Zahlenwert zu erhalten.

Bei dieser Sachlage erscheint es zweckmäßig, daß einmal ein einzelner die Rechenarbeit unternimmt und einige wichtige Aufgaben für die am häufigsten vorkommenden Zahlenbereiche durchrechnet, damit dann der Allgemeinheit ein handliches Zahlenmaterial zur Verfügung steht. Die Geschäftsführung des Technisch-Wirtschaftlichen Sachverständigenausschusses des Reichskohlenrates für Brennstoffverwendung und der Wissenschaftliche Beirat des Vereines deutscher Ingenieure haben eine dahingehende Anregung sofort aufgegriffen und gemeinsam die Hergabe der nötigen Geldmittel bei ihren Körperschaften bewirkt. Der Studierende der Mathematik Heinz Winterfeldt hat dann alle die Rechnungen ausgeführt, über die im nachstehenden berichtet wird.

Abkühlung der Kugel.

Eine Kugel vom Halbmesser R, die zuerst in ihrer ganzen Masse auf die Temperatur t_1°C erwärmt war, werde plötzlich in eine Umgebung von der niedrigeren Temperatur t_2°C gebracht. Die Kugel wird dann ihre Wärme an die Umgebung abgeben, indem sich die äußeren Schichten rasch und stark abkühlen, während die inneren Schichten langsam nachfolgen, bis zum Schluß — theoretisch nach unendlich langer Zeit — die ganze Kugel auf t_2°C abgekühlt ist.

Der ganze Vorgang ist so überaus einfach, daß ihn jedermann ohne die mindeste physikalische Vorbildung zu verstehen vermag, und darum möchte man glauben, daß auch ein rechnerisches Verfolgen des Vorganges ohne allzu große Schwierigkeiten möglich sein müßte. Daß dies nicht der Fall ist, zeigen die nachstehenden Ausführungen.

Unter rechnerischem Verfolgen des Vorganges wollen wir die zahlenmäßige Beantwortung der drei Fragen verstehen:

1. wie ist der zeitliche Verlauf der Oberflächentemperatur?
2. wie ist der zeitliche Verlauf der Temperatur im Mittelpunkt?
3. wie ist der Verlauf des Wärmeverlustes?

Wir können uns die Schreibweise aller Gleichungen von Anfang an dadurch vereinfachen, daß wir die Temperaturen nicht nach Celsiusgraden oder nach Graden der absoluten Teilung rechnen, sondern daß wir die Umgebungstemperatur gleich null setzen. Alle Temperaturen der Kugel gelten dann als Übertemperaturen und sollen mit Θ bezeichnet werden. (Bei der Erwärmung einer kalten Kugel in heißer Umgebung ergeben sich von selbst die Werte Θ mit negativem Vorzeichen.)

In gleicher Weise soll nicht mit dem Wärmeinhalt der Kugel gerechnet werden, sondern nur mit dem Wärmeüberschuß über Umgebungstemperatur.

Als Bezeichnungen seien eingeführt:

R der Halbmesser der Kugel . . . . . . , in m,
t die Zeit . . . . „ h,
Θ_c „ Anfangstemperatur der Kugel
Θ_o „ Oberflächentemperatur der Kugel
Θ_m „ Temp. im Mittelpunkt der Kugel } in Graden der 100teiligen Teilung, gemessen als Uebertemperaturen.
$(W\ddot{U})_0$ der Wärmeüberschuß der Kugel, zur Zeit 0 in kcal,
λ die Wärmeleitzahl des Kugelstoffes . . . in $\frac{\text{kcal}}{\text{m}\,^0\text{C h}}$,
γ „ Dichte des Kugelstoffes . . . . „ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$,
c „ spezifische Wärme des Kugelstoffes . „ $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}\,^0\text{C}}$,
a „ Temperaturleitzahl $= \frac{\lambda}{c\gamma}$ des Kugelst. „ $\frac{\text{m}^2}{\text{h}}$,
α „ Wärmeübergangszahl . . . . „ $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\,{}^0\text{C h}}$,
h „ relative Wärmeübergangszahl $= \frac{\alpha}{\lambda}$ . . „ $\frac{1}{\text{m}}$.

Die Rechnung liefert für den zeitlichen Verlauf der Oberflächentemperatur den Ausdruck[2])

$$\Theta_o = \Theta_c \sum_{k=1}^{k=\infty} 2\,\frac{\sin\nu_k - \nu_k\cos\nu_k}{\nu_k - \sin\nu_k\cos\nu_k}\,e^{-\nu_k^2\frac{a t}{R^2}}\,\frac{\sin\nu_k}{\nu_k} \quad . \text{(1a)},$$

[1]) Der Aufsatz wird in erweiterter Form demnächst als Forschungsarbeit veröffentlicht werden.

[2]) Ableitung dieser Formel sowie der späteren Formeln: z. B. Gröber, Die Grundgesetze der Wärmeleitung und des Wärmeüberganges, Julius Springer 1921, S. 44, 51 und 54.

wobei unter ν_k das System der unendlich vielen Wurzeln der transzendenten Gleichung

$$\nu \cos \nu = (1 - h\,R) \sin \nu$$

zu verstehen ist.

Aus dieser Formel ist nur das eine leicht zu erkennen, daß der Wert Θ_o dem Wert Θ_c verhältnisgleich ist; im übrigen aber ist der Ausdruck eine unübersichtliche Funktion der vier unabhängigen Veränderlichen t, R, a und h. Es ist ohne weiteres zu ersehen, daß die zahlenmäßige Auswertung dieser Gleichung ein recht zeitraubender Vorgang und daß es auch bei noch so guter mathematischer Schulung nicht möglich ist, den Verlauf der Funktion aus der Formel abzulesen. Wegen der großen Anzahl der unabhängigen Veränderlichen ist es auch nicht möglich, die Zahlenwerte der Funktion in einer einzigen Zahlentafel oder einem einzigen Kurvenblatt darzustellen, kurz, das Ergebnis der mathematischen Berechnung hat in der Form der Gl. (1a) alle Eigenschaften, die es zu praktischer Verwendung ungeeignet machen.

Ein Ausweg ist nun dadurch gegeben, daß man $\frac{a\,t}{R^2}$ als eine einzige Veränderliche auffaßt und zugleich beachtet, daß die Werte ν_k ihrerseits nur von der einzigen Veränderlichen $h\,R$ abhängen. Auf diese Weise läßt sich die unendliche Reihe als eine Funktion mit nur zwei Veränderlichen auffassen und die Gl. (1a) nimmt die Form an

$$\Theta_o = \Theta_c \, \Phi_0 \left(\frac{a\,t}{R^2},\ h\,R\right) \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1b).$$

Die Werte $\frac{a\,t}{R^2}$ und $h\,R$ nennt man Kenngrößen; sie sind immer reine Zahlenwerte, also Größen ohne Dimension. Die Möglichkeit, die vier Veränderlichen gruppenweise zu Kenngrößen zusammenzufassen, läßt sich mit Hilfe des Ähnlichkeitsprinzipes oder der Lehre von den Dimensionen erklären.

Für die zahlenmäßige Auswertung der Funktion Φ_0 in Gl. (1b) mit ihren beiden Veränderlichen ist immer noch eine sehr umfangreiche Rechenarbeit nötig, aber wenn diese Arbeit einmal geleistet ist, so kann man die Ergebnisse in einer einzigen Zahlentafel oder einem einzigen Schaubild festlegen.

In der gleichen Weise läßt sich auch die Gleichung für die Temperatur des Mittelpunktes umarbeiten. Es ist

$$\Theta_m = \Theta_c \sum_{k=1}^{k=\infty} 2 \frac{\sin \nu_k - \nu_k \cos \nu_k}{\nu_k - \sin \nu_k \cos \nu_k} e^{-\nu_k^2 \frac{a\,t}{R^2}} \quad \ldots \quad (2a),$$

$$= \Theta_c \, \Phi_m \left(\frac{a\,t}{R^2},\ h\,R\right) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (2b).$$

Zahlentafel 1. Oberflächentemperatur der Kugel bei $\Theta_c = 1^0$: $\Theta_0 = \Theta_c \, \Phi_0 \left(\frac{a\,t}{R^2},\ h\,R\right)$.

$h\,R =$	0,0001	0,001	0,01	0,1	0,5	1	4	10	20	50	∞
$\frac{a\,t}{R^2} = 0{,}01$	1,00	—	1,00	0,99	0,94	0,89	0,64	0,38	0,22	0,10	0,00
0,05	—	1,00	0,99	0,97	0,86	0,75	0,39	0,17	0,09	0,03	0,00
0,10	—	1,00	0,99	0,95	0,79	0,64	0,26	0,10	0,05	0,02	0,00
0,25	—	1,00	0,99	0,92	0,64	0,44	0,10	0,03	0,01	0,00	—
0,5	—	1,00	0,98	0,85	0.46	0.24	0,02	0,00	—	—	—
1,0	—	1,00	0,97	0,73	0,23	0,07	0,00	—	—	—	—
2,5	1,00	0,99	0,93	0,52	0.03	0,00	—	—	—	—	—
5,0	1,00	0,99	0,86	0,23	0,00	—	—	—	—	—	—
10,0	1,00	0,97	0,75	0,05	0,00	—	—	—	—	—	—
25,0	1,00	0,94	0,48	0,00	—	—	—	—	—	—	—

Zahlentafel 2. Temperatur im Mittelpunkt der Kugel bei $\Theta_c = 1^0$: $\Theta_m = \Theta_c \, \Phi_m \left(\frac{a\,t}{R^2},\ h\,R\right)$.

$h\,R =$	0,0001	0,001	0,01	0,1	0,5	1	4	10	20	50	∞
$\frac{a\,t}{R^2} = 0{,}01$	—	—	—	—	—	—	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,05	—	—	—	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97
0,10	—	—	1,00	0,99	0,97	0,95	0,87	0,80	0,76	0,73	0,71
0,25	—	1,00	0,99	0,97	0,81	0,69	0,38	0,26	0,22	0,19	0,17
0,5	—	1,00	0,99	0,89	0,58	0,37	0.09	0,03	0,02	0,02	0,02
1,0	—	1,00	0,97	0,77	0,29	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	—
2,5	1,00	0,99	0,93	0,55	0,04	0,00	—	—	—	—	—
5,0	1,00	0,99	0,87	0,24	0,00	—	—	—	—	—	—
10,0	1,00	0,98	0,75	0,06	—	—	—	—	—	—	—
25,0	1,00	0,94	0,49	0,00	—	—	—	—	—	—	—

Zahlentafel 3. Wärmeverlust der Kugel bei $\Theta_c = 1^0$: $Q = (W\,U)_0 \, \Psi \left(\frac{a\,t}{R^2},\ h\,R\right)$.

$h\,R =$	0,0001	0,001	0,01	0,1	0,5	1,0	4	10	20	50	∞
$\frac{a\,t}{R^2} = 0{,}01$	—	—	—	0,00	0,02	0,03	0,09	0,16	0,22	0,27	0,31
0,05	—	—	0,00	0,02	0,07	0,12	0,32	0,46	0.53	0,57	0,61
0,10	—	—	0,00	0,03	0,13	0,23	0,51	0.66	0,71	0,75	0,77
0,25	—	0,00	0,01	0,07	0,29	0,47	0,80	0,90	0,92	0,94	0,95
0,5	—	0,00	5,02	0,14	0,49	0,71	0,96	0,99	0,99	0,99	1,00
1,0	—	0,00	0,03	0,25	0,74	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	—
2,5	—	0,00	0,08	0,52	0,97	1,00	—	—	—	—	—
5,0	0,00	0,01	0,15	0,77	1,00	—	—	—	—	—	—
10,0	0,00	0,02	0,27	0,95	1,00	—	—	—	—	—	—
25,0	0,00	0,05	0,56	0,99	1,00	—	—	—	—	—	—

Zahlentafel 4. Oberflächentemperatur des Zylinders bei $\Theta_c = 1^0$: $\Theta_0 = \Theta_c \, \Phi \left(\frac{a\,t}{R^2},\ h\,R\right)$.

$h\,R =$	0,0001	0.001	0,01	0,1	0,5	1,0	4,0	10	20	50	∞
$\frac{a\,t}{R^2} = 0{,}01$	—	—	1,00	0,99	0,95	0,89	0,66	0,42	0,24	0,11	0,00
0,05	—	1,00	0,99	0,97	0,87	0,77	0,42	0,21	0,10	0,05	0,00
0,10	—	1,00	0,99	0,96	0,82	0,69	0,31	0,14	0,06	0,03	0,00
0,25	—	1,00	0,99	0,93	0,71	0.53	0,17	0,06	0.03	0,01	0,00
0,50	—	1,00	0,99	0,88	0,57	0,35	0,07	0,02	0,01	0,00	—
1,0	—	1,00	0,98	0,80	0,36	0,16	0,01	0,00	0,00	—	—
2,5	—	1,00	0,95	0,60	0,10	0,02	0,00	—	—	—	—
5,0	1,00	0,99	0.90	0,37	0,01	0,00	—	—	—	—	—
10,0	1,00	0,98	0,82	0,14	0,00	—	—	—	—	—	—
25,0	1,00	0,95	0,61	0,01	—	—	—	—	—	—	—

Zahlentafel 5. Temperatur in der Achse des Zylinders bei $\Theta_c = 1^0$: $\Theta_m = \Theta_c \, \Phi_m \left(\frac{a\,t}{R^2},\ h\,R\right)$.

$h\,R =$	0,0001	0.001	0,01	0,1	0,5	1.0	4,0	10	20	50	∞
$\frac{a\,t}{R^2} = 0{,}01$	—	—	—	—	—	—	—	1,00	1,00	1,00	1,00
0,05	—	—	—	—	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99
0,10	—	—	—	1,00	0,99	0.97	0,94	0,90	0,88	0,87	0,85
0,25	—	—	1,00	0,98	0,89	0,81	0,59	0,48	0,43	0,40	0,38
0,50	—	—	0,99	0,93	0,72	0,55	0.24	0,15	0,12	0,10	0.09
1,0	—	—	0.98	0,84	0,46	0,25	0,04	0,01	0,01	0,01	0.01
2,5	—	1,00	0,95	0,63	0,12	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5,0	1,00	0,99	0,91	0,38	0,01	0,00	—	—	—	—	—
10,0	1,00	0,98	0,82	0,14	0,00	—	—	—	—	—	—
25,0	1,00	0,95	0,61	0,01	—	—	—	—	—	—	—

Zahlentafel 6. Wärmeverlust des Zylinders bei $\Theta_c = 1^0$: $Q = (W\,U)_0 \, \Psi \left(\frac{a\,t}{R^2},\ h\,R\right)$.

$h\,R =$	0,0001	0.001	0,01	0,1	0,5	1,0	4,0	10	20	50	∞
$\frac{a\,t}{R^2} = 0{,}01$	—	—	—	0,00	0,01	0,02	0,05	0,11	0.15	0,18	0,22
0,05	—	—	—	0,01	0,05	0,08	0,21	0,32	0,38	0,42	0,45
0,10	—	—	—	0,02	0,09	0,15	0,37	0,48	0,54	0.58	0,61
0,25	—	—	0,00	0,05	0,20	0,33	0,62	0,75	0,79	0,81	0.84
0,50	—	—	0,01	0,09	0,36	0,55	0,85	0,92	0,94	0,95	0,96
1,0	—	—	0,02	0,18	0,59	0,79	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00
2,5	—	0,00	0,05	0,39	0,89	0,98	1,00	1,00	—	—	—
5,0	0,00	0,01	0,09	0.62	0,99	1,00	—	—	—	—	—
10,0	0,00	0,02	0,18	0,86	1,00	—	—	—	—	—	—
25,0	0,00	0,04	0,39	0,99	—	—	—	—	—	—	—

Abb. 1. Oberflächentemperatur der Kugel bei $\Theta_c = 1^0$: $\Theta_0 = \Theta_c \Phi_0 \left(\frac{a\,t}{R^2}, h\,R\right)$.

Abb. 2. Temperatur im Mittelpunkt der Kugel bei $\Theta_c = 1^0$: $\Theta_m = \Theta_c \Phi_m \left(\frac{a\,t}{R^2}, h\,R\right)$.

Abb. 3. Wärmeverlust der Kugel bei $\Theta_c = 1^0$: $Q = (W\,\ddot{U})_0\,\Psi \left(\frac{a\,t}{R^2}, h\,R\right)$.

Die dritte der oben gestellten Fragen, nämlich nach dem zeitlichen Verlauf des Wärmeverlustes, wird mit der folgenden Gleichung beantwortet. Die Wärmemenge, die die Kugel bis zur Zeit t abgegeben hat, ist

$$Q = \frac{4}{3} R^3 \pi c \gamma \Theta_c \sum_{k=1}^{k=\infty} 6 \frac{1}{\nu_k^3} \frac{(\sin \nu_k - \nu_k \cos \nu_k)^2}{\nu_k - \sin \nu_k \cos \nu_k} \left(1 - e^{-\nu_k^2 \frac{a\,t}{R^2}}\right) \quad (3a).$$

Da Θ_c die Übertemperatur der Kugel über die Umgebung bedeutet, so ist

$$\frac{4}{3} R^3 \pi c \gamma \Theta_c = (W\,\ddot{U})_0$$

gleich dem Wärmeüberschuß der Kugel zur Zeit $t = 0$.

In Anlehnung an früheres können wir schreiben:

$$Q = (W\,\ddot{U})_0\, \Psi \left(\frac{a\,t}{R^2}, h\,R\right) \quad \ldots \ldots \ldots (3b).$$

In den Zahlentafeln 1, 2 und 3 und in den Schaubildern Abb. 1, 2 und 3 sind die Werte der drei Funktionen für die Kugel dargestellt. Dabei ist bei den Schaubildern die Abszisse in logarithmischem Maßstab aufgetragen, damit der ganze Bereich der Veränderlichen $h\,R$ von 0,0001 bis 50 dargestellt werden konnte.

Abkühlung des Zylinders.

Ein sehr langer Zylinder vom Halbmesser R werde plötzlich aus hoher Temperatur in niedrige Umgebungstemperatur gebracht. Es soll der zeitliche Verlauf der Oberflächentemperatur Θ_o, der Temperatur Θ_m in der Achse und des Wärmeverlustes für ein Stück von der Länge L des Zylinders berechnet werden.

Wenn wir wegen der großen Länge des Zylinders von der Abkühlung der Endflächen absehen, so gelangen wir zu einer Rechnung, die derjenigen bei der Kugel durchaus ähnlich ist. Es ist nämlich

$$\Theta_o = \Theta_c \sum_{k=1}^{k=\infty} 2 \frac{1}{\mu_k} \frac{J_1(\mu_k)}{J_0^2(\mu_k) + J_1^2(\mu_k)} e^{-\mu_k^2 \frac{a\,t}{R^2}} J_0(\mu_k) \quad (4a),$$

worin μ_k das System der unendlich vielen Wurzeln der transzendenten Gleichung $\mu J_1(\mu) = h\,R\,J_0(\mu)$ und J_0 sowie J_1 zwei Besselsche Funktionen darstellen.

Ferner ist

$$\Theta_m = \Theta_c \sum_{k=1}^{k=\infty} 2 \frac{1}{\mu_k} \frac{J_1(\mu_k)}{J_0^2(\mu_k) + J_1^2(\mu_k)} e^{-\mu_k^2 \frac{a\,t}{R^2}} \quad \ldots (5a$$

Abb. 4. Oberflächentemperatur des Zylinders bei $\Theta_c = 1^0$: $\Theta_0 = \Theta_c \Phi_0 \left(\frac{a\,t}{R^2},\ h\,R\right)$.

Abb. 5. Temperatur in der Achse des Zylinders bei $\Theta_c = 1^0$: $\Theta_m = \Theta_c \Phi_m \left(\frac{a\,t}{R^2},\ h\,R\right)$.

Abb. 6. Wärmeverlust des Zylinders bei $\Theta_c = 1^0$: $Q = (W\,Ü)_0\,\Psi \left(\frac{a\,t}{R^2},\ h\,R\right)$.

$$Q = R^2 \pi L c \gamma \Theta_c \sum_{k=1}^{k=\infty} 4 \frac{1}{\mu_k^2} \frac{J_1^2(\mu_k)}{J_0^2(\mu_k) + J_1^2(\mu_k)} \left(1 - e^{-\mu_k^2 \frac{a\,t}{R^2}}\right) \quad \text{(6a).}$$

Die zahlenmäßige Auswertung der drei Gleichungen

$$\Theta_o = \Theta_c \Phi_0 \left(h\,R, \frac{a\,t}{R^2}\right) \quad \text{(4b),}$$

$$\Theta_m = \Theta_c \Phi_m \left(h\,R, \frac{a\,t}{R^2}\right) \quad \text{(5b),}$$

$$Q = (W\,Ü)_0\,\Psi \left(h\,R, \frac{a\,t}{R^2}\right) \quad \text{(6b)}$$

ist in den Zahlentafeln 4, 5 und 6 und in den Schaubildern 4, 5 und 6 festgelegt.

Einseitige Abkühlung der Platte.

Eine sehr große Platte von der Dicke X sei auf einer Seite vollständig isoliert, während die andre Seite frei sein soll. Wird nun diese Platte plötzlich von hoher Temperatur in kältere Umgebung gebracht, so wird sie durch die nicht isolierte Oberfläche allmählich ihren ganzen Wärmeinhalt an die Umgebung abgeben. Es ist der zeitliche Verlauf der Temperatur Θ_0 der freien Oberfläche, der Temperatur Θ_m der isolierten Oberfläche und des Wärmeverlustes Q für ein Stück F der Platte zu bestimmen!

Die Rechnung ergibt:

$$\Theta_o = \Theta_c \sum_{k=1}^{k=\infty} 2 \frac{\sin \delta_k}{\delta_k + \sin \delta_k \cos \delta_k} e^{-\delta_k^2 \frac{a\,t}{X^2}} \cos \delta_k \quad \text{(7a),}$$

wobei δ_k die unendlich vielen Wurzeln der Gleichung $\delta \sin \delta = (h\,X) \cos \delta$ darstellen.

$$\Theta_m = \Theta_c \sum_{k=1}^{k=\infty} 2 \frac{\sin \delta_k}{\delta_k + \sin \delta_k \cos \delta_k} e^{-\delta_k^2 \frac{a\,t}{X^2}} \quad \text{(8a)}$$

$$Q = F\,X\,c\,\gamma\,\Theta_c \sum_{k=1}^{k=\infty} 2 \frac{\sin^2 \delta_k}{\delta_k^2 + \delta_k \sin \delta_k \cos \delta_k} \left(1 - e^{-\delta_k^2 \frac{a\,t}{X^2}}\right) \quad \text{(9a).}$$

Die Zahlenwerte aus diesen drei Gleichungen

$$\Theta_o = \Theta_c \Phi_0 \left(h\,X, \frac{a\,t}{X^2}\right) \quad \text{(7b),}$$

$$\Theta_m = \Theta_c \Phi_m \left(h\,X, \frac{a\,t}{X^2}\right) \quad \text{(8b),}$$

$$Q = (W\,Ü)_0\,\Psi \left(h\,X, \frac{a\,t}{X^2}\right) \quad \text{(9b)}$$

sind in den Zahlentafeln 7, 8 und 9 und den Schaubildern 7, 8 und 9 wiedergegeben.

Abb. 7. Temperatur der freien Plattenoberfläche bei $\Theta_e = 1^0$: $\Theta_0 = \Theta_c \Phi_0 \left(\frac{a\,t}{X^2}, h\,X\right)$.

Abb. 8. Temperatur der isolierten Plattenoberfläche bei $\Theta_c = 1^0$: $\Theta_m = \Theta_c \Phi_m \left(\frac{a\,t}{X^2}, h\,X\right)$.

Abb. 9. Wärmeverlust der sich einseitig abkühlenden Platte bei $\Theta_c = 1^0$: $Q = (W\,Ü)\,\Psi \left(\frac{a\,t}{X^2}, h\,X\right)$.

Die beiderseitige Abkühlung der Platte.

Die letzte Aufgabe über die einseitige Abkühlung gibt ohne weiteres auch die Lösung für eine beiderseits gleiche Abkühlung der Platte.

Wenn die Abkühlungsverhältnisse der Platte beiderseits genau die gleichen sind, so muß aus Symmetriegründen das Temperaturgefäll in der Mitte der Platte gleich null sein. Nun war aber bei der letzten Aufgabe durch die Bedingung einer vollkommenen Isolierung ebenfalls vorgeschrieben, daß an dieser Stelle das Temperaturgefälle null sein muß. Bei der beiderseitigen Abkühlung einer Platte verhält sich also jede Plattenhälfte genau wie eine einseitig sich abkühlende Platte.

Ist D die Dicke der Platte, so benutzt man eine Hilfsgröße

$$X = \frac{D}{2}$$

und kann dann mit dieser Größe aus den Schaubildern 7, 8 und 9 die Werte der Funktionen Φ_0, Φ_m und Ψ entnehmen. Zu beachten ist, daß hier

$$(W\,Ü)_0 = 2\,X\,F\,c\,\gamma\,\Theta_c$$

ist.

Gebrauchsanweisung für die Schaubilder.

Wie rasch mit Hilfe dieser Schaubilder die Abkühlungsvorgänge berechnet werden können, soll an einem Zahlenbeispiel gezeigt werden:

Eine Stahlkugel von 20 cm Dmr., die in ihrer ganzen Masse auf 280 °C erwärmt ist, wird rasch in ein Ölbad von 30 °C getaucht. Wie ist die Temperaturverteilung in der Kugel nach 36 s, nach 3 min und nach 12 min, wenn als Wärmeübergangszahl der Kugel an das Ölbad der Wert $\alpha = 500$ [kcal/m² h °C] angenommen wird?

V o r b e r e i t e n d e R e c h n u n g. Der Halbmesser der Kugel ist in Metern anzugeben: also

$$R = 0{,}10\,[\mathrm{m}].$$

Die Zeit ist in Stunden einzusetzen:

$$t_1 = \frac{36}{3600} = 0{,}01\,[\mathrm{h}],$$

$$t_2 = \frac{3}{60} = 0{,}05\,[\mathrm{h}],$$

$$t_3 = \frac{12}{60} = 0{,}20\,[\mathrm{h}].$$

Zahlentafel 7. Temperatur der freien Oberfläche der Platte bei $\Theta_c = 1^0$: $\Theta_0 = \Theta_c \Phi_0 \left(\frac{a\,t}{X^2}, h\,X\right)$.

$h\,X =$	0,0001	0,001	0,01	0,1	0,5	1	4	10	20	50	∞
$\frac{a\,t}{X^2} = 0{,}02$	—	1,00	0,99	0,98	0,93	0,86	0,59	0,34	0,19	0,08	0,00
0,05	—	1,00	0,99	0,98	0,89	0,79	0,46	0,23	0,12	0,05	0,00
0,1	—	1,00	0,99	0,97	0,85	0,73	0,37	0,17	0,08	0,04	0,00
0,5	—	1,00	0,99	0,92	0,69	0,51	0,17	0,06	0,03	0,01	0,00
1,0	—	1,00	0,98	0,88	0,56	0,35	0,08	0,02	0,01	0,00	—
2,0	—	1,00	0,97	0,79	0,37	0,17	0,02	0,00	0,00	—	—
5,0	—	1,00	0,95	0,59	0,10	0,02	0,00	—	—	—	—
10,0	1,00	0,99	0,90	0,36	0,01	0,00	—	—	—	—	—
20,0	1,00	0,98	0,81	0,13	0,00	—	—	—	—	—	—
50,0	1,00	0,96	0,60	0,01	—	—	—	—	—	—	—

Zahlentafel 8. Temperatur der isolierten Oberfläche der Platte bei $\Theta_c = 1^0$: $\Theta_m = \Theta_c \Phi_m \left(\frac{a\,t}{X^2}, h\,X\right)$.

$h\,X =$	0,0001	0,091	0,01	0,1	0,5	1	4	10	20	50	∞
$\frac{a\,t}{X^2} = 0{,}02$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,05	—	—	—	—	—	—	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	—	—	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,97	0,96	0,95	0,95
0,5	—	1,00	0,99	0,97	0,87	0,78	0,56	0,46	0,41	0,39	0,37
1,0	—	1,00	0,99	0,92	0,70	0,54	0,25	0,16	0,13	0,12	0,11
2,0	—	1,00	0,98	0,83	6,46	0,31	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01
5,0	—	1,00	0,95	0,62	0,13	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,0	1,00	0,99	0,90	0,37	0,02	0,00	—	—	—	—	—
20,0	1,00	0,98	0,82	0,14	0,00	—	—	—	—	—	—
50,0	1,00	0,96	0,61	0,01	—	—	—	—	—	—	—

Zahlentafel 9. Wärmeverlust der sich einseitig abkühlenden Platte bei $\Theta_c = 1^0$:

$$Q = (W\,U)\,\Psi'\left(\frac{a\,t}{X^2}, h\,X\right).$$

$h\,X =$	0,0001	0,001	0,01	0,1	0,2	0,5	1	4	10	50	∞
$\frac{a\,t}{X^2} = 0{,}02$	—	—	—	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,09	0,12	0,13
0,05	—	—	—	0,01	0,01	0,02	0,04	0,12	0,18	0,23	0,25
0,1	—	—	—	0,02	0,03	0,05	0,08	0,20	0,27	0,34	0,36
0,5	—	—	0,00	0,05	0,09	0,20	0,32	0,58	0,69	0,75	0,76
1,0	—	—	0,01	0,10	0,17	0,35	0,53	0,81	0,89	0,92	0,93
2,0	—	—	0,02	0,17	0,31	0,59	0,78	0,96	0,98	0,99	0,99
5,0	—	0,00	0,05	0,39	0,63	0,88	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00
10,0	—	0,01	0,10	0,62	0,84	0,99	1,00	—	—	—	—
20,0	0,00	0,02	0,18	0,81	0,93	1,00	—	—	—	—	—
50,0	0,01	0,04	0,39	0,92	0,99	—	—	—	—	—	—

Aus physikalischen Zahlentafeln entnimmt man für Stahl:

$$\lambda = 50\,[\text{kcal/m h}\,^0\text{C}],$$
$$\gamma = 7700\,[\text{kg/m}^3],$$
$$c = 0{,}13\,[\text{kcal/kg}\,^0\text{C}];$$

daraus errechnet sich:

$$a = \frac{\lambda}{c\,\gamma} = \frac{50}{0{,}13 \cdot 7700} = 0{,}05\,[\text{m}^2/\text{h}].$$

Abb. 11. Abkühlgeschwindigkeit für den Mittelpunkt oder die Achse verschiedener Körper nach Williamson und Adams.

Berechnung der Kenngrößen aus diesen Werten:

$$h\,R = \frac{\alpha}{\lambda}\,R = \frac{500}{50} \cdot 0{,}1 = 1{,}0,$$
$$\left(\frac{a\,t}{R^2}\right)_1 = \frac{0{,}05}{0{,}01} \cdot 0{,}01 = 0{,}05,$$
$$\left(\frac{a\,t}{R^2}\right)_2 = \frac{0{,}05}{0{,}01} \cdot 0{,}05 = 0{,}25,$$
$$\left(\frac{a\,t}{R^2}\right)_3 = \frac{0{,}05}{0{,}01} \cdot 0{,}20 = 1{,}00.$$

Durch unmittelbares Ablesen aus den Schaubildern erhält man

Zahlentafel 10.

Werte zum Zwecke der Berechnung		$t_1 = 36$ s	$t_2 = 3$ min	$t_3 = 12$ min
1. der Oberflächentemperatur	$\frac{\Theta_o}{\Theta_c} =$	0,75	0,44	0,07
2. der Temperatur der Mitte	$\frac{\Theta_m}{\Theta_c} =$	1,00	0,69	0,11
3. der abgegebenen Wärme	$\frac{Q}{(W\,U_0)} =$	0,12	0,47	0,92
4. der zurückgebliebenen Wärme . .	$1 - \frac{Q}{(W\,U)_0} =$	0,88	0,53	0,08

Abb. 10. Zeichnerisches Verfahren zur Bestimmung der Temperaturen längs des Halbmessers einer Kugel.

Aufzeichnen der Temperaturverteilung. Man trägt in einem Schaubild als Abszisse den Halbmesser und als Ordinaten über den beiden Endpunkten des Halbmessers einerseits die drei Werte $\frac{\Theta_o}{\Theta_c}$ und anderseits die drei Werte $\frac{\Theta_m}{\Theta_c}$ auf. Schon diese sechs Werte geben einen ganz guten Überblick über das Abklingen der Temperaturen.

Durch ein zeichnerisches Verfahren, Abb. 10, kann man sich noch genaueren Aufschluß über die Temperaturkurve längs des Halbmessers verschaffen. Im Mittelpunkt muß diese Kurve aus Gründen der Symmetrie eine wagerechte Tangente haben. An der Oberfläche aber müssen die Tangenten aller Kurven durch denselben

Punkt gehen, der auf der Abszissenachse in der Entfernung $1/h$ [m] außerhalb der Oberfläche liegt[1]). Mit Hilfe dieser Tangenten lassen sich dann die Temperaturkurven mit einer für technische Zwecke genügenden Genauigkeit zeichnen.

Berechnung des Wärmeverlustes der Kugel. Der Wärmeüberschuß der Kugel von 280 °C über die Ölbadtemperatur von 30 °C ist

$$(W\ddot{U})_0 = \frac{4}{3} R^3 \pi c \gamma \Theta_c$$

$$= \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{1000} \pi \cdot 0{,}13 \cdot 7700 \cdot 250 = 1045 \text{ [kcal]}.$$

Davon ist zu den Zeiten t_1, t_2 und t_3 der in der Zeile 3 der Zahlentafel 10 angegebene Bruchteil an das Öl übergetreten, der Rest in der Kugel geblieben.

Nachtrag.

Während der Drucklegung machte mich Prof. M. Jakob, Berlin, auf eine amerikanische Arbeit von Williamson und Adams aufmerksam, die ähnliche Ziele verfolgt[2]). Leider setzten die Verfasser stets voraus, daß nicht die Umgebungstemperatur, sondern unmittelbar die Oberflächentemperatur gegeben ist bzw. verändert wird. Es ist also ebenso, als wenn in der vorstehenden Arbeit nur die senkrechten Reihen für hR und $hX = \infty$ angegeben worden wären. Im ersten Teil der Arbeit ist ferner angenommen, daß nach eingetretenem Beharrungszustand die Oberflächentemperatur von der Zeit $t = 0$ an nach dem Gesetz $\Theta_o = \text{konst.}\, t$ ständig steigt. Da dieser Fall technisch nicht von Bedeutung ist, so soll er hier nicht weiter besprochen werden.

Im zweiten Teile nehmen die Verfasser an, daß nach eingetretenem Beharrungszustand die Oberflächentemperatur plötzlich um den Wert Θ_c springt und sich nun der Erwärmungs- oder Abkühlungsvorgang abspielt. Sie haben das Beispiel der Kugel genau durchgerechnet und geben die Werte $\frac{\Theta}{\Theta_c}$ für verschiedenen Abstand r vom Kugelmittelpunkt an, Zahlentafel 11. Die Werte für $\frac{r}{R} = 0$ entsprechen natürlich den Werten $\frac{\Theta_m}{\Theta_c}$ für $hR = \infty$ in Zahlentafel 2. Dagegen bedeuten die Werte der übrigen senkrechten Reihen eine wichtige Ergänzung.

Besonders beachtenswert aber scheint mir die Zahlentafel 12 zu sein, die ebenfalls dieser Arbeit entnommen

Zahlentafel 11. Temperaturen im Innern der Kugel bei $\Theta_c = 1^0$: $\Theta_r = \Theta_c \Phi_r \left(\frac{a t}{R^2}\right)$.

$\frac{a t}{R^2}$	r/R								
	0	5/100	1/4	1/3	1/2	2/3	3/4	9/10	1
0,000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,004	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,39	0,00
0,016	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,91	0,79	0,18	0,00
0,036	0,99	0,99	0,98	0,96	0,88	0,68	0,53	0,10	0,00
0,064	0,91	0,91	0,86	0,81	0,68	0,47	0,35	0,06	0,00
0,100	0,71	0,70	0,65	0,60	0,47	0,32	0,23	0,04	0,00
0,196	0,29	0,29	0,26	0,24	0,18	0,12	0,09	0,02	0,00
0,256	0,16	0,16	0,14	0,13	0,10	0,07	0,05	0,01	0.00
0,400	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00
∞	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0.00

Zahlentafel 12. Temperaturen im Mittelpunkt oder der Achse verschiedener Körper bei $\Theta_c = 1^0$:

$$\Theta_m = \Theta_c \Phi_m \left(\frac{a t}{X^2}\right).$$

$\frac{a t}{X^2}$	Platte	quadrat. Balken Länge = ∞	Würfel	Zylinder Länge = ∞	Zylinder Länge = Dmr.	Kugel
0,032	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,080	0,98	0,95	0,93	0,92	0,89	0,83
0,100	0,95	0,90	0,86	0,85	0,81	0,71
0,160	0,85	0,72	0,61	0,63	0,53	0,41
0,240	0,70	0,49	0,35	0,40	0,28	0,19
0,320	0,58	0,33	0,19	0,25	0,15	0,09
0,800	0,18	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00
1,600	0,02	0,00	0,00	0,00	—	—
3,200	0,00	—	—	—	—	—

ist. Die Verfasser haben nämlich für die verschiedenen im Kopf der Zahlentafel angegebenen Körper die Abkühlgeschwindigkeit des Mittelpunktes und der Achse berechnet und zusammengestellt, Abb. 11.

Beachtenswert erscheint mir z. B. ein Vergleich zwischen der Kugel und dem Würfel oder zwischen dem Zylinder von unendlicher Länge und dem Zylinder von einer Länge gleich dem Durchmesser. Wenn auch diese Beziehungen nur für eine unendlich große Wärmeübergangszahl, also nur für $hR = \infty$, gelten, so gestatten sie doch bei genügender Vorsicht ein Übertragen auf Vorgänge mit endlicher Wärmeübergangszahl. [B 178]

[1]) Dies gilt in gleicher Weise für den Zylinder und die Platte. Begründung s. Gröber a. a. O. S. 14.

[2]) Vergl. Williamson u. L. H. Adams, Temperature Distribution in Solids During Heating or Cooling, Physical Review Vol. XIV Series II (1919) S. 99.

Das Motorfahrgastschiff „P. C. Hooft"

soll im September dieses Jahres seine erste Ausreise antreten. Es erhält zwei achtzylindrige Sulzermotoren von je 4000 PS_e Leistung. Bemerkenswert ist die Lage des Maschinistenstandes, der sich oben in Mitte der Maschine befindet. Das Schiff soll mit 8000 PS_e 16 Kn Geschwindigkeit erreichen. Wie verhältnismäßig gering die Zusammenbauarbeit bei solch einer Maschine ist, geht daraus hervor, daß eine Maschine an einem Tage auf dem Prüfstand aufgestellt und mit voller Kraft geprüft wurde. („The Motorship", Februar 1925.) [N 149]

Vergleich zwischen Turbinen- und Dieselmotorantrieb von Schiffen.

Um die Vorteile der Motorschiffe festzustellen, rüstet man gewöhnlich von Schwesterschiffen das eine mit Dampfmaschinen und das andre mit Dieselmotoren gleicher Leistung aus. Im Betriebe treten dann die Vor- und Nachteile jeder Maschinenbauart klar zutage. Eine andre Vergleichsmöglichkeit ist gegeben, wenn man ein Schiff zunächst mit der einen Maschinenart und sodann mit der andern ausrüstet; das ist bei dem holländischen Motorschiff „Wieringen" geschehen, das früher unter dem Namen „Turbinia" mit einer Getriebeturbine ausgerüstet war. Das Schiff hat 101 m Länge, 14,6 m Breite, 7,5 m Raumtiefe und 6,32 m Tiefgang bei Sommerfreibord. Der von der Kon. My. „De Schelde", Flushing, gebaute Sulzer-Zweitaktdieselmotor hat 600 mm Zylinderdurchmesser, 1060 mm Hub und leistet 1150 Wellen-PS bei 85 Uml./min.

Zwei Reisen von Rosario nach Rotterdam unter ähnlichen Verhältnissen, von denen die eine vor und die andre nach dem Umbau ausgeführt worden ist, haben zu dem folgenden Ergebnis geführt:

		„Turbinia"	„Wieringen"
Mittlerer Tiefgang	m	6,5	6,44
Zuladung bei Abfahrt von Rosario	t	5750	5500
Zuladung im Mittel während der Reise	t	5280	5320
Gewicht der Ladung (Weizen) . .	t	4770	5320
Mit voller Kraft zurückgelegte Wegstrecke	Sm	5998	5636
Zahl der Stunden, in denen mit voller Kraft gefahren wurde .		860,5	668,5
Mittlere Geschwindigkeit	Kn	6,97	8,43
Brennstoffverbrauch bei voller Fahrt in 24 h	t	19,7	5,17
Schmierölverbrauch während der ganzen Reise	t	1239	2350

Die Ladefähigkeit ist bei „Wieringen" durch Einbau eines Dieselmotors also um 11 vH und die Geschwindigkeit um 22 vH gestiegen.

„Wieringen" ist das erste Schiff, das von der Kon. My. „De Schelde" mit einem Schelde-Sulzer-Dieselmotor ausgerüstet ist. Zwei Fahrgastmotorschiffe sind bei der Firma im Bau. („Shipbuilding and Shipping Record" vom 12. Februar 1925.) [N 254]

Fortschritte der Wasserdampfforschung in Amerika.

Von *Max Jakob*, *Charlottenburg*.

Über die von der American Society of Mechanical Engineers eingeleiteten planmäßigen Forschungsarbeiten über den Wasserdampf, die ich im vorigen Jahr in dieser Zeitschrift geschildert habe[1]), liegt nunmehr wiederum ein Jahresbericht vor[2]).

Den einleitenden Bemerkungen von G. A. Orrok ist zu entnehmen, daß aus dem von dem amerikanischen Ingenieurverein gesammelten Dampftabellenfonds bisher 30 000 $ für diese Arbeiten ausgegeben worden sind, davon 14 000 $ im Jahre 1924. Auch der Verein deutscher Ingenieure ist jetzt erfreulicherweise wieder in der Lage, technisch-wissenschaftliche Untersuchungen zu unterstützen[3]) und hat u. a. für die Wasserdampfforschung in Deutschland in diesem Jahre bereits 2000 ℳ ausgeworfen. Orrok stellt in seinem Bericht Dampfdiagramme nach verschiedenen Forschern zusammen. Hiernach gibt Callendar bei 140 at, der Grenze seiner neuen Dampftabellen, die Gesamtwärme des gesättigten Dampfes um nicht weniger als 9 vH höher an als Stodola, Schüle oder Goodenough. Das kennzeichnet den heutigen Stand unsrer Kenntnis der Eigenschaften von sehr hochgespanntem Dampf.

Von den drei an der amerikanischen Gemeinschaftsforschung beteiligten Instituten hat erst eines bereits Versuchsergebnisse aufzuweisen, und zwar die Harvard-Universität, die schon vor längerer Zeit, wie in meinem vorigen Bericht erwähnt, die Messungen des Thomson-Joule-Effektes begonnen hatte und nun ihr Programm erledigt zu haben scheint. Aus dem vorläufigen Versuchsbericht von R. V. Kleinschmidt[4]) sei hier die Isotherme des Thomson-Joule-Effektes für 125 bis 347 °C wiedergegeben, Abb. 1, die sich bis zum Druck von 40 at erstreckt. Kleinschmidt schätzt die Genauigkeit seiner Messungen über 200 °C auf mindestens 0,5 vH; nur die Werte beim geringsten Druck seien auf 1 vH, die bei den drei niedrigsten Temperaturen auf 2 vH unsicher. „Das scheint," so schreibt er, „keine sehr große Genauigkeit zu sein." Ich bin im Gegenteil der Ansicht, daß die Genauigkeit, wenn wirklich erreicht, erstaunlich hoch ist.

H. N. Davis[5]) gibt auch diesmal einen ergänzenden theoretischen Bericht zu den Messungen in seinem Institut.

Abb. 1. Thomson-Joule-Effekt des Wasserdampfes.

Er hat versucht, auf Grund der Thomson-Joule-Messungen eine Zustandsgleichung aufzustellen, und ist zu dem Ergebnis gekommen, daß die von Callendar, Goodenough und Heck angewandte Form

$$p\,(v-b) = RT - X,$$

wobei v einen Kovolumenausdruck und X eine Funktion von p und T bedeuten, nur mit sehr verwickelten Formeln der Funktion X die Versuchsergebnisse wiedergibt. Der Ausdruck b verliert dabei jede theoretische Bedeutung, hat also nichts mehr mit dem Kovolumen zu tun; X setzt sich mindestens aus drei Ausdrücken zusammen, wovon einer zunächst nur in einer Zahlentafel darstellbar ist, und RT endlich muß ebenfalls umgestaltet werden, was praktisch auf Einführen eines vierten Summanden in die Funktion X hinauskommt. Mit ganz ähnlichen Schwierigkeiten hatte ich bei der Aufstellung einer praktischen Zustandsgleichung für Luft auf Grund der damals bekannten Thomson-Joule-Messungen für dieses Gas zu kämpfen[6]). Auch ich war gezwungen, auf den Kovolumen-Ausdruck zu verzichten und außer RT fünf Summanden empirisch festzulegen. Man darf darauf gespannt sein, wie Davis die Aufgabe für Wasserdampf löst.

Das Massachusetts Institute of Technology scheint in seinen Versuchen dadurch zurückgeworfen worden zu sein, daß sich der Druckbehälter aus Nickel (Gefäß g in Abb. 2 des früheren Berichtes, Z. Bd. 68 (1924) S. 733) als nicht dicht erwies und ersetzt werden mußte. Auch scheint das Destillieren und Einfüllen des Wassers unerwartete Schwierigkeiten gemacht zu haben. F. G. Keyes[7]) schildert genau die umständlichen Verfahren, die dabei anzuwenden waren. Die Destillation mußte, wie er schreibt, vielmals hintereinander vorgenommen werden, und es dauerte ungefähr eine Woche, um 1 l Wasser von der darin enthaltenen Luft zu befreien. Ob hierbei nicht des Guten zu viel geschehen ist, entzieht sich meiner Kenntnis.

Auch das Bureau of Standards ist noch nicht zu den eigentlichen Versuchen gekommen. Der Bericht von N. S. Osborne und H. F. Stimson[8]) beschränkt sich daher darauf, die an dem schon bekannten Kalorimeter (s. Abb. 1, Z. Bd. 68 (1924) S. 732) angebrachten Verbesserungen, seine Mäntel und Zusatzapparate zu beschreiben.

Von den Kosten der Untersuchung hat der Dampftabellenfonds der Society of Mechanical Engineers ein Drittel, das Bureau of Standards zwei Drittel übernommen. Im Berichtjahr ist eine neue Hilfskraft eingestellt worden; zwei Feinmechaniker arbeiten nun an dem Kalorimeter, der eine davon schon seit zwei Jahren. Dem mag gegenübergestellt werden, daß die Arbeit an dem Kalorimeter für die Messung der Verdampfungswärme in unsrer Reichsanstalt drei Monate stillgelegen hat, weil der für diese Arbeit bestimmte Feinmechaniker nach Amerika ausgewandert ist und die Anstalt keine Ersatzkraft einstellen konnte, ehe der hierzu erforderliche Antrag den Instanzenzug Reichsanstalt - Reichsministerium des Innern - Finanzministerium und zurück nicht nur einmal, sondern sogar zweimal durchlaufen hatte, und das, obwohl alle Instanzen — die Ministerien inbegriffen — mit der Einstellung eines Ersatzmannes, die in einem Industriebetrieb in wenigen Tagen erfolgt wäre, stets grundsätzlich einverstanden waren.

Es besteht also keine Gefahr, daß wir den durch Versuchsschwierigkeiten in ihrer Arbeit aufgehaltenen Amerikanern zuvorkommen! [B 306]

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 732.
[2]) Progress in steam research. „Mechanical Engineering" Bd. 47 (1925) S. 103.
[3]) Z. Bd. 69 (1925) S. 453.
[4]) „Mechanical Engineering" Bd. 47 (1925) S. 104.
[5]) „Mechanical Engineering" Bd. 47 (1925) S. 107.
[6]) Forschungsarbeiten 1917 Heft 202 S. 19.
[7]) „Mechanical Engineering" Bd. 47 (1925) S. 105.
[8]) „Mechanical Engineering" Bd. 47 (1925) S. 107.

Fortschritte im Kraftwagenbau.

Bremsen.

Von Dr. techn. A. Heller, Berlin.

Entlastung des Wagenführers durch Druckluft- und durch Knorr-Bremsen — Ausbildung der Vorderrad-Bremsen — Gesetzliche Regelung der Bremsausrüstung.

(Schluß von S. 513).

Zu den neueren technischen Fortschritten des Kraftwagens hat man endlich auch die Bremseinrichtungen zu zählen, deren Bedeutung für die Sicherheit bei schneller Fahrt man eigentlich erst in den letzten Jahren zu würdigen begonnen hat. Wichtig ist hierbei schon, daß es gelungen ist, in dem sogenannten Ferrodo-Asbest einen Belagstoff für die Bremsbacken zu finden, dessen hohe Reibungsziffer sich namentlich auch beim Verölen der Reibflächen nicht so stark verringert, wie bei allen bekannten metallischen Belagstoffen für Bremsen, und der dabei mindestens ebenso widerstandfähig wie diese gegen Abnutzung im Gebrauch ist. Daneben hat man die Reibflächen der Bremsen ständig vergrößert und so die Verzögerung gesteigert, die man bei gegebenem Druck auf die Bremsbacken erreichen kann. Die Wirkung der Bremsen bei einem beliebigen Wagen erprobt man neuerdings in den Vereinigten Staaten mit einem sehr einfachen tragbaren Verzögerungsmesser. Damit die Achsen durch das Gewicht großer Bremstrommeln nicht zu stark belastet werden, gießt man diese gelegentlich auch aus Leichtlegierungen, wobei man in die Formen aus Stahl gedrehte Ringe für die Reibflächen einlegt.

Häufig ordnet man neuerdings die beiden vorgeschriebenen Bremsen mit getrenntem Hebelwerk nebeneinander auf der Hinterachse an, um die großen Beanspruchungen zu vermeiden, denen sonst das Kardangelenk und die Getriebe in der Hinterachse bei scharfem Anziehen der Getriebebremsen ausgesetzt werden. Daß sich diese Anordnung aber insbesondere bei schweren schnellfahrenden Kraftwagen nicht allgemein eingeführt hat, scheint darauf zu beruhen, daß die Kraft, die beim Betätigen der Bremsen durch den Fahrer zur Verfügung steht, im allgemeinen doch nicht ausreicht, um einen solchen Wagen bei unmittelbar auf die Hinterräder wirkenden Bremsen im Fall der Gefahr schnell genug zum Stehen zu bringen. Auch daß die Doppelbremsen auf der Hinterachse das Gewicht der Achse vermehren und bei plötzlichem scharfem Anziehen der Hinterradbremsen die Schleudergefahr zunimmt, wenn der Ausgleich der Bremskräfte an den Hinterrädern nicht vollkommen ist, hat mit dazu beigetragen, daß sich der Gebrauch der üblichen Getriebebremse noch erhalten hat.

In Verbindung mit der Aufgabe, die **Beanspruchung des Wagenführers** durch den zum Bremsen notwendigen Kraftaufwand zu verringern, stellt aber die Aufgabe, außer den Treibrädern auf der Hinterachse auch die **Lenkräder auf der Vorderachse** mit Bremseinrichtungen zu versehen, weil man so das ganze Gewicht des Fahrzeuges als Adhäsionsgewicht ausnutzen kann, das die obere Grenze für die zulässige Verzögerung beim Bremsen bildet, die wichtigste Aufgabe dar, die heute den Konstrukteur beschäftigt. An Vorschlägen, den Wagenführer beim Bremsen weniger anzustrengen (Servo-Bremsen) sowie an Vorschlägen für die Anordnung von Bremsen, die gleichzeitig auf alle vier Wagenräder wirken (Vierradbremsen), hat es in den letzten zehn Jahren sicherlich nicht gefehlt. In die erste Gruppe fallen alle Einrichtungen, die beim Bremsen irgendeine Hilfskraft (Druckluft, Drucköl, Saugluft) auslösen, sowie solche, die darauf hinauslaufen, die lebendige Kraft des fahrenden Wagens zum Betätigen der Bremsen auszunutzen.

Als Beispiel einer Druckluft-Bremseinrichtung ist in Abb. 34 und 35 die Anordnung dargestellt, die die **Knorr-Bremse A.-G.**, Berlin-Lichtenberg, für einen Schnellastkraftwagen entworfen hat. Vom Getriebekasten

Abb. 34 und 35. Druckluft-Bremseinrichtung für einen Schnellastkraftwagen der Knorrbremse A.-G.
a zweistufiger Kompressor　*b* Filter　*c* Zwischenkühler　*d* Regelventil　e_1 e_2 Druckbehälter
f Sicherheitsventil, mit Regelventil verbunden　*g* Ventil　*h* Sicherheitsventil　*i* Rohranschluß.

Abb. 36. Bremse für Kraftwagen nach Perrot.

a kleiner Bremsbacken *b* Nockenhebel *c* Bremstrommel
d Aufhängebolzen *e* größerer Bremsbacken.

des Wagens wird mittels eines Vorgeleges der zweistufige Kompressor *a* angetrieben, der die Luft über ein Filter *b* ansaugt und mit einem Zwischenkühler *c* versehen ist. Der Kompressor fördert die Luft über ein Regelventil *d* am Führersitz in die beiden Druckbehälter e_1 und e_2, die zwischen den Rahmenträgern liegen und mit Ablaufhähnen für Luft oder Wasser versehen sind. Das Regelventil *d* wird so eingestellt, daß der Druck in den Behältern e_1, e_2 der notwendigen Bremskraft entspricht, die je nach der Belastung des Wagens verschieden ist. Es besteht aus zwei Kammern und enthält Membranen, die beim Erreichen des vorgeschriebenen Höchstdruckes die Druckleitung des Kompressors an eine Umlaufleitung anschließen, so daß der Kompressor leer läuft. Ein mit dem Regelventil verbundenes Sicherheitsventil *f* verhindert, daß in den Druckbehältern beim Versagen des Regelventils übermäßig hohe Drücke auftreten. Durch Umstellen eines weiteren Ventiles kann man den Überdruck der vom Kompressor gelieferten Druckluft auf 7 bis 9 at steigern, so daß man damit die Luftreifen des Fahrzeuges aufpumpen kann. Der hierfür notwendige Schlauch wird an das Ventil *g* angeschlossen. Ein Sicherheitsventil *h* zeigt durch Pfeifen an, wenn die Grenze dieses Druckes überschritten ist.

Die an dieses Druckluftnetz angeschlossenen Bremsen wirken sämtlich unmittelbar auf die Räder, so daß sie das Getriebe nicht belasten. Ein Rohranschluß *i* am hinteren Ende des Rahmens leitet die Druckluft auch auf den Anhänger über. Die auf die einzelnen Räder wirkenden Bremsen bestehen im wesentlichen aus kleinen Zylindern, die unmittelbar an die Bremstrommel aus Leichtlegierung angebaut sind und in deren hohlen Kolbenstangen sich Druckbolzen für den Angriff am Nockenhebel der Backenbremse führen. Die Druckluft wird am Boden des Bremszylinders eingeleitet, während der Kolben durch eine Feder stets zurückgeführt wird. Für Anhänger von Lastkraftwagen empfiehlt es sich, die Bremszylinder mit Stufenkolben zu versehen und die Anlage so auszuführen, daß sich die Bremsen selbsttätig festziehen, wenn die Druckluftzuleitung vom Kraftwagen her abreißt.

Eine sehr einfache Ausbildung für Bremsen, die schon bei verhältnismäßig leichtem Druck auf den Hebel durch die lebendige Kraft des Wagens angezogen werden, hat vor einigen Jahren Perrot angegeben, s. Abb. 36. Der Grundgedanke dieser Bremseinrichtung ist, daß von den unsymmetrisch ausgebildeten Bremsbacken der kleinere *a* mittels des üblichen Nockenhebels *b* an die Bremstrommel *c* angedrückt wird und daß die Kraft, die hierbei das Bestreben hat, den Bremsbacken in der gezeichneten Drehrichtung mitzunehmen, das ganze System der Bremsbacken um den festen Aufhängebolzen *d* so verdreht, daß auch der größere Bremsbacken *e* an die Trommel angepreßt wird. Die Einrichtung, die sich in kurzer Zeit in fast allen Ländern schnell eingeführt hat, hat nur den einzigen Mangel, daß ihre Wirkung bei Vorwärts- und bei Rückwärtsfahrt des Wagens verschieden ist. Diesen Nachteil vermeidet eine mit der Getriebebremse verbundene Hilfsbremse von Hallot, die etwa um die gleiche Zeit entstanden ist, s. Abb. 37 bis 39, und an die man Vorderradbremsen nach Abb. 36 anschließen kann. Bei dieser Bremsvorrichtung ist zwischen die übliche Trommel *a* der Getriebebremse und den Mitnehmer *b* auf der Treibwelle des Wagens eine Fliehkraft-Reibkupplung eingeschaltet, deren Klötze *c* zwischen radialen Vorsprüngen des Mitnehmers *b* gelagert sind und durch kleine Schraubenfedern ständig nach außen gedrückt werden. Wenn der Wagen in Fahrt ist, wird daher die Bremstrommel durch die Reibung der Klötze *c* mitgenommen, und zwar mit um so größerer Kraft, je schneller der Wagen fährt und je stärker somit die Fliehkraft die Klötze *c* nach außen drückt. Wird dagegen durch Niederdrücken des üblichen Fußhebels die Bremstrommel mittels der Backen *d* gehemmt, so sucht die Trommel zunächst den lose drehbaren Träger *e* dieser Bremsbacken mitzunehmen, wodurch mittels der Stange *f* die Vorderbremsen betätigt werden. Sobald die Backen der Vorderbremsen anliegen und der Bremsbackenträger *e* daher feststeht, überträgt sich die Bremskraft der Backen *d* auch über die Klötze *c* auf den Mitnehmer *b* und auf die

a Trommel der Getriebebremse
b Mitnehmer
c Klötze der Fliehkraft-Reibkupplung
d Bremsbacken
e Träger der Bremsbacken
f Stange zum Betätigen der Vorderbremsen.

Abb 37 bis **39.** Hilfsbremse von Hallot.

Hinterräder. Dabei wird die Bremskraft, die im Höchstfall auf die Wagenräder übertragen werden kann, durch den Fliehkraftdruck der Backen *c* derart begrenzt, daß sich die Bremsen sofort lösen, wenn die Fahrgeschwindigkeit abnimmt und die Bremskraft größer als der Fliehkraftdruck der Bremsklötze ist. Man kann dadurch Schleudern des Wagens oder Gleiten der Räder leichter verhindern.

Auch für die Übertragung der Bremskräfte auf die Vorderräder derart, daß deren Lenkbarkeit durch das Bremsen nicht beeinträchtigt wird, was im Fall der Gefahr besonders wichtig ist, gibt es heute schon zahlreiche Lösungen. Als kennzeichnend seien hier zwei neuere Anordnungen herausgegriffen. Die eine, Abb. 40 bis 42, die von der Firma Steiger, A.-G., Burgrieden, herrührt, beruht auf der Verwendung eines Stahldrahtseiles, das vom Ende des Bremshebels über Rollen bis zur Achse des Achsschenkelbolzens geführt ist und durch eine Längsbohrung dieses Bolzens oben austritt, wo es, mittels einer Mutter nachstellbar, am Nockenhebel der Backenbremse angreift. Wird das Lenkrad geschwenkt, so bleibt das in der Achse des Achsschenkelbolzens liegende Seil vollständig in Ruhe. Dagegen ruft die Zugwirkung in diesem Seil eine Rückwirkung auf das Lenkrad hervor, da ihre Richtung die Radebene nicht dort treffen kann, wo das Rad die Fahrbahn berührt. Ein Vorteil der Verwendung von Stahlseilen für diesen Zweck ist, daß man die geschmiedete Achse, die teure Gesenke fordert, wegen des Antriebes der Vorderradbremsen nicht wesentlich zu ändern braucht. Dagegen sind die unvermeidlichen Längenänderungen des Seiles insofern unbequem, als man die Bremsen häufig nachstellen muß.

Deshalb werden bei der Bremseinrichtung der Austro-Daimler-Werke, Abb. 43 und 44, zum Betätigen der Bremsen ausschließlich feste Stangen benutzt. In der Achse ist eine Welle gelagert, an deren äußerem Ende ein Daumen mittels entsprechender Druckstange beim Anziehen der Bremse ein Keilstück zwischen die Enden der Bremsbacken eindrückt. Da man den Daumen ohne Schwierigkeit so formen kann, daß sein Druckpunkt in jeder Stellung des Vorderrades genau in die Achse des Achsschenkelbolzens fällt, so sind Unterschiede in der Bremswirkung bei verschiedener Einstellung der Lenkräder ausgeschlossen. Anderseits liegt aber hier die Mittelebene der Bremstrommel so weit seitlich von der Radnabe, daß Rückwirkungen des Bremsens auf den Lenkwiderstand nicht ganz unmöglich sind.

Für die allgemeine Einführung von Vierradbremsen bei Kraftfahrzeugen wäre es wesentlich, die geltenden Bestimmungen über die Ausrüstung von Kraftfahrzeugen mit Bremsvorrichtungen abzuändern, damit die Verwendung der Vierradbremse den Bau von Kraftwagen nicht unnötigerweise verteuert. Die Verordnung über den Verkehr von Kraftfahrzeugen vom 15. März 1923 (Reichs-Anzeiger 1923 Nr. 72) schreibt vor, daß

RZ 897 Z 44 u 45

Abb. 43 und 44. Vorderradbremse der Austro-Daimler-Werke.

RZ 897 Z 41-42

Abb. 40 und 41

Abb. 40 bis **42.** Vorderradbremse der Firma Steiger, A.-G., Burgrieden.

RZ 897 Z 43

Abb. 45. Vorschlag für eine vereinfachte Vierradbremse.
a Fußhebel
b, c Wagebalken
d Handhebel
e, f Stangenköpfe.

jedes Kraftfahrzeug mit zwei von einander unabhängigen Bremseinrichtungen versehen sein müsse, von denen jede auf die Wagenräder der gebremsten Achse gleichmäßig einwirkt, und von denen mindestens eine, mittels Handhebels feststellbare, unmittelbar auf die Hinterräder oder mit diesen fest verbundene Bestandteile wirken muß. Diese Bestimmung hat man mit Recht bisher dahin ausgelegt, daß eine der beiden Bremseinrichtungen auf die angetriebene Hinterachse des Fahrzeuges einwirken müsse, und an dieser Auslegung sollte man auch bei der Einführung von Vorderradbremsen nichts ändern. Anderseits liegt kein Anlaß vor, die Bestimmung, daß die beiden vorgeschriebenen Bremseinrichtungen von einander unabhängig sein müssen, dahin auszudehnen, daß die beiden Bremsen auch nicht einmal Teile des Gestänges gemeinsam haben dürfen. Vielmehr könnte man bei Anbringung der zweiten Bremse an den Vorderrädern, streng genommen, die Unabhängigkeit der Bremseinrichtungen auch dann erzielen, wenn man, wie schon wiederholt vorgeschlagen wurde, Vorder- und Hinterradbremsen mittels eines gemeinsamen Fußhebels gleichzeitig betätigt und die Verbindung zwischen dem Gestänge der Vorder- und Hinterradbremsen lose ausbildet, damit man außerdem mittels des üblichen feststellbaren Handhebels die Hinterradbremsen allein anziehen kann. Die beigefügte Zeichnung, Abb. 45, macht die vorgeschlagene Anordnung verständlich. Mit dem Fußhebel *a* zieht man gleichzeitig alle vier Bremsen fest, wobei sich die Bremskräfte an den Vorderrädern über den Wagebalken *b* und die Bremskräfte an den Hinterrädern über den Wagebalken *c* ausgleichen. Außerdem kann man mit dem Handhebel *d* die Hinterradbremsen allein betätigen, ohne daß die Vorderradbremsen verstellt werden, indem man das Spiel in den Stangenköpfen *e* und *f* ausnutzt. Daß die beiden Bremseinrichtungen von einander unabhängig sind, geht daraus hervor, daß beim Versagen der Vorderradbremsen die Wirksamkeit der Hinterradbremsen nicht aufgehoben wird. Umgekehrt würde man beim Versagen der Hinterradbremsen, z. B. beim Bruch eines Seiles oder Hebels, immer noch die Vorderradbremsen betätigen können.

Die Bestimmung der Verordnung, daß mindestens eine von den Bremsvorrichtungen unmittelbar auf die Hinterräder oder mit diesen fest verbundene Bestandteile wirken muß, wird durch die beschriebene Anordnung erfüllt. Man könnte jedoch die Ansicht vertreten, daß diese Bestimmung insofern überholt ist, als man heute einen Kraftwagen auch dann auf ausreichend kurze Strecke zum Stehen bringen kann, wenn man statt der Hinterräder die Vorderräder bremst. Die neueren Bestrebungen, das unabgefederte Gewicht der Hinterräder zu verringern, könnten wesentlich gefördert werden, wenn man daher den Zwang, Bremstrommeln an den Hinterrädern anzuordnen, fallen ließe. Man könnte sich dann damit begnügen, vorzuschreiben, daß mindestens eine der Bremsvorrichtungen unmittelbar auf die Vorder- oder auf die Hinterräder wirken muß, und böte so die Möglichkeit, die zweite Bremsvorrichtung statt an den Hinterrädern an dem am abgefederten Rahmen eingebauten Getriebe anzubringen. [B 897]

Tagung des Vereines Deutscher Kalkwerke.

Am 19. Februar d. J. fand in Berlin die 34. ordentliche Hauptversammlung des Vereines Deutscher Kalkwerke, E. V., statt unter der Leitung des Vorsitzenden, Dr.-Ing. eh. Schlüter. Neben Berichten der Fachausschüsse für Ofen-, Steinbrüche, Baukalk, Industriekalk, Mahlen und Löschen, Ausarbeitung von Löschanweisungen, Filme, Kalkprüfung, Bodenkalkung, die beachtenswerte Einblicke in die fachliche Arbeit des Vereins gewährten, wurde eine Reihe von anregenden Vorträgen, meist mit Lichtbildern, gehalten.

Direktor Raoul Francé, Weimar, sprach über den Kreislauf des Kalkes und zeigte durch Lichtbilder, welchen Weg der Kalk im Haushalt der Natur nimmt.

Der Vortrag von Dr. Schulte, Berlin, über „Psychotechnische Untersuchungen im Kalksteinbruch", der eine Reihe wertvoller Ergebnisse von Leistungsuntersuchungen im Kalksteinbruch brachte, zu denen ihm der Verein Deutscher Kalkwerke in Rüdersdorf Gelegenheit gegeben hatte, fand viel Anklang, wenn auch in der anschließenden Aussprache gegenteilige Meinungen zum Ausdruck kamen. Der Vortragende behandelte die zweckmäßigste Zahl und die Leistungen der Arbeiter beim Beladen von Eisenbahnwagen mit Kalksteinen, unter Zerlegung der Arbeit in die Einzelvorgänge, die Leistungen beim Setzen von Kalksteinen in Ringöfen, weiter die zweckmäßigste Beschaffenheit der Arbeitsgeräte, alles an der Hand von Lichtbildern, von Leistungskurven u. a. m. Der Vorschlag des Vortragenden, die Versuchsergebnisse durch praktische Kontrollversuche in den Betrieben nachzuprüfen, fand viel Zustimmung.

Ein weiterer Vortrag „Kalkstaub und Gesundheit" von Dr. med. Wolff legte dar, daß bei Staubbetrieben nicht ohne weiteres eine besondere Schädlichkeit, die sich etwa in der Zunahme der Tuberkuloseziffern zeigte, angenommen werden müsse. Staub in großen Mengen sei stets und überall schädlich, im ganzen seien aber die äußeren Lebensbedingungen ausschlaggebend. Eingehende Untersuchungen der Erkrankungshäufigkeit bei Kalkarbeiten seien in Deutschland leider noch nicht angestellt worden. Die bisherigen Unterlagen geben keinen Anhalt, die Kalkindustrie für gesundheitsschädlich zu halten. In der anschließenden Aussprache wurde ausdrücklich hervorgehoben, daß bisher von ärztlicher Seite noch keine Berufskrankheiten in der Kalkindustrie festgestellt seien, und es müsse allen Versuchen, die Kalkindustrie als besonders gesundheitsgefährdend hinzustellen, entgegengetreten werden.

Am Schluß gab der wissenschaftliche Beirat des Vereins, Herr Görbing, Hamburg, einen wertvollen Überblick über die Bedeutung der Untersuchung des Bodens auf Kalkzustand, an Feldbefunden dargestellt, durch gelungene Lichtbilder.

Im Anschluß an den Bericht des Kalkprüfungsausschusses wurden die von diesem Ausschuß neu bearbeiteten „Leitsätze für einheitliche Lieferung und Prüfung von Baukalk" von der Hauptversammlung bis auf einige Punkte, die noch nicht geklärt sind, angenommen. Die Leitsätze bringen zunächst die Begriffserklärung für Kalke sowie ihre Gliederung in Weißkalke, Graukalke, Wasserkalke, Zementkalke und Romanzemente nach dem Grad ihres Zerfalles bei Wasserbenetzung und ihrer Erhärtefähigkeit unter Wasser; ferner werden die Lieferungsformen und Eigenschaften, die Prüfung auf Ergiebigkeit, Mahlfeinheit, Erstarrungsbeginn, Raumbeständigkeit sowie Bindekraft behandelt und Regeln für die Ausführung der Prüfung, die zur Erlangung übereinstimmender Ergebnisse beachtet werden müssen, gegeben. [N 427] Bu.

Die Kohlensäure des Ackerbodens: die grüne Kohle.

Von Dr. Reinau, Berlin.

Vorgetragen in der Fachsitzung „Technik in der Landwirtschaft" der 64. Hauptversammlung des Vereines deuscher Ingenieure in Augsburg 1925.

Hinweis auf Wichtigkeit und Menge des von der Landwirtschaft umgesetzten Kohlenstoffes. Luftkohlensäure, ihre Verteilung und ihr Einfluss auf den Pflanzenwuchs. Der Boden als Kohlenstofferzeuger. Wirtschaftliche Maßnahmen zum Erhöhen des Kohlenstoffgehaltes im Boden. Motorkultur statt Tierkultur. Torf wird besser zum Düngen als zum Verheizen verwendet. Gute Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Brennereien.

Die Verteilung des Kohlenstoffes.

Die Landwirtschaft wird in der Regel nicht zu den Betrieben gerechnet, deren Kohlenverbrauch sehr wesentlich ins Gewicht fällt. Immerhin zeigt Abb. 1, die eine übersichtliche Darstellung des Verbrauches der Steinkohlen in Deutschland gibt, daß von den 190 Mill. t geförderter Kohlen auf die Landwirtschaft etwa 20 Mill. entfallen. Allerdings kommen auf die eigentliche Landbewirtschaftung davon nur 2 Mill. t, 12 Mill. dagegen verbrauchen die weiter verarbeitenden landwirtschaftlichen Gewerbe: die Zucker-, Gärungs- und Papierindustrie. 6 Mill. t kann man ungefähr für den Hausbrand in der Landwirtschaft rechnen. Also höchstens 10 vH der ganzen Steinkohlenerzeugung werden in der Landwirtschaft umgesetzt, während, wie aus Abb. 1 hervorgeht, die Kokereien und das Eisenhüttenwesen 83 Mill. t Steinkohle verbrauchen. Nimmt man dazu noch die 14 Mill. t für die Eisenbahn, so ergeben sich rd. 97 Mill. t Steinkohlen, die bei einem Gehalte von 85 vH reinem Kohlenstoff etwa 82 Mill. t Kohlenstoff entsprechen. Diese Menge Kohlenstoff aber, also gerade so viel wie die Kokereien, die Eisenhütten und die Eisenbahnen zusammen verbrauchen, ist enthalten in all den Ernteerzeugnissen, die als Korn, Stroh, Kartoffeln, Rüben, Heu, Gras usw. nebst ihren Wurzeln auf der landwirtschaftlichen Fläche gebaut werden. Das Bild zeigt also, daß die Landwirtschaft in ihren Erzeugnissen jährlich halb so viel Kohlenstoff umsetzt, wie in der Steinkohlenförderung enthalten ist.

Daß wir für die Steinkohlenversorgung noch Jahrhunderte lang einfach nur zu den Schätzen im Erdinnern zu greifen brauchen, ist hinlänglich bekannt. Woher stammen aber die 80 Mill. Tonnen „grüner" Kohle, die jährlich in den Landwirtschaftskulturen umgesetzt werden?

Zunächst ist hervorzuheben, daß etwa die Hälfte davon meist in ganz kurzem Kreislaufe wieder hinaus auf den Acker kommt, dort als Stroh oder überhaupt als Wurzelwerk und sonstiger Ernteabfall verbleibt. Aber eines ist ganz sicher: mittels der Wurzeln nehmen unsere Kulturpflanzen keine irgendwie nennenswerten Mengen Kohlenstoff in sich auf. Was verkohlbar und verbrennlich an der Pflanze ist, das nimmt sie mittels des Grüns der Blätter aus der Luft auf. Unter dem Einflusse des Lichtes assimilieren die Blätter und alle grünen Pflanzenteile Kohlensäure zu Zucker, Stärke usw., also zu solchen kohlenstoffhaltigen Stoffen, die zum Aufrechterhalten des menschlichen und tierischen Lebens und zum Aufbringen der Arbeitsleistungen nötig sind.

Die Luftkohlensäure.

Nun ist die Menge der Kohlensäure, die in einem Kubikmeter Luft enthalten ist, im allgemeinen nicht sehr groß. Sie beträgt etwa 0,6 g/m³, denen nur 0,164 g/m³ Kohlenstoff entsprechen. In 0,5 Bill. m³ Luft wären also die 80 Mill. t Kohlenstoff enthalten. Da wegen der Verdünnung der Luft mit zunehmender Höhe der Gewichtanteil des Kohlenstoffes abnimmt, so ergibt sich, daß die Menge Luft, die die 80 Mill. t C enthält, etwa eine Schicht von 1500 m Höhe über dem gesamten Boden des Deutschen Reiches ausmachte. Diese Luftschicht müßte also nach vollzogener Ernte frei von Kohlensäure sein. Allerdings, wenn man Herbst und Winter sowie Tag und Nacht berücksichtigt, so müßte doch etwa ein Viertel der Steinkohlenverbrennung oder halb so viel C, wie landwirtschaftlich festgelegt wird, wieder in diese Luft übergehen, so daß deren Gehalt nur etwa um die Hälfte an CO_2 sinken würde. Bedenkt man, daß die Menge der Atmungskohlensäure von Menschen und Tieren verhältnismäßig gering ist, so verbleibt doch noch eine ziemlich starke Verminderung des CO_2-Gehaltes der Luft übrig in der Zeit, wo die Pflanzen gerade wachsen. Nun ergeben aber die Untersuchungen der Luft auf ihren Gehalt an Kohlensäure, wenn man diese Untersuchungen mitten in den landwirtschaftlichen Äckern und Feldern vornimmt, daß die Luft keineswegs frei von Kohlensäure ist, ja ganz im Gegenteil, daß sie sogar mehr und mehr Kohlensäure enthält, je näher am Erdboden man die Luftprobe nimmt. In Abb. 2 ist dargestellt, wie sich im Laufe des Tages der Gehalt an Kohlensäure in der Luft ändert, und zwar stellt jede der drei Kurven den Verlauf des Kohlensäuregehaltes in der Luft aus drei verschieden hoch über der Erde gelegenen Luftschichten über Weizenfeldern im Sommer dar. Die Kurve mit den größten

Abb. 1. Verteilung des Kohlenverbrauches in Deutschland.

Abb. 3. Schematische Darstellung des CO_2-Gehaltes der Luft über Pflanzenbeständen.

Abb. 4. Anteil der dem Boden entstammenden und der Luftkohlensäure im Ackerbau.

Abb. 2. Kohlensäuregehalt der Luft zu verschiedenen Tageszeiten und in verschiedener Höhe über dem Erdboden.

Werten, bis $^{330}/_{100\,000}$ Raumteile Kohlensäure, zeigt den Kohlensäuregehalt in der Luft 5 cm über der Erde. Die darunter liegende gestrichelte Kurve gibt den Gehalt in 1,05 m Höhe an, also etwa dort, wo die obersten Blattspitzen aufhören. Und die im allgemeinen am tiefsten verlaufende Kurve kennzeichnet den Kohlensäuregehalt in der Luft 2,10 m über dem Boden oder also 1 m über der grünen Fläche.

Die freie Luft ist also ganz im Gegensatz zu dem, was man erwarten müßte, mit ganz geringen Ausnahmen immer kohlensäureärmer als die Luft oben an der Grüngrenze, namentlich aber viel ärmer als die Luft einige Zentimeter oberhalb des Bodens. Nachts wäre dies nun gemäß der üblichen Ansicht, daß die Pflanzen dann Kohlensäure ausatmen, nicht verwunderlich, daß aber dieser Zustand nach einer Hochsommernacht, wo es morgens um 3 Uhr bereits taghell ist, noch den ganzen Tag besteht, ist um so auffallender, wenn man bedenkt, daß diese Luft durch die assimilierenden Pflanzen völlig ihrer Kohlensäure beraubt werden müßte. Die Befunde der hier dargestellten Analysen und ebenso die von noch unzähligen anderen gleichzeitig aufgenommenen Untersuchungsfolgen ergeben immer und immer wieder, daß die Luft in Erdnähe am kohlensäurereichsten, daß sie an der Grüngrenze meist nicht ganz so stark kohlensäurehaltig ist wie am Boden, selten etwas niedriger als die obere Luft, meistens aber noch etwas höher als die freie Atmosphäre.

Schematisch stellt Abb. 3 diese Verhältnisse dar. Die hier gezeichneten Kurven zeigen schematisch den Verlauf des Kohlensäuregehaltes der Luft (nach rechts zu in $^{1}/_{100\,000}$ Raumteilen CO_2) in verschiedenen Höhen über der Erde. Die schwach gezeichnete Kurve besagt, daß in 2 m Höhe über der Erde die Luft $^{30}/_{100\,000}$ CO_2 enthält und daß dieser Gehalt innerhalb des Pflanzenbestandes, je mehr man sich der Erde nähert, abnimmt. Das war die Anschauung, ehe die Verhältnisse genauer erforscht wurden, und die richtig wäre, wenn wagerechter Wind von draußen her kohlensäurereiche Luft hereinwehte. Die gestrichelte Kurve gibt den Fall wieder, der am häufigsten beobachtet wird, daß nämlich in einer Annäherung an den Boden der Kohlensäuregehalt zunimmt. Die dick ausgezogene Linie kennzeichnet die Befunde, bei denen der Gehalt an Kohlensäure in der Luft an der Grüngrenze am niedrigsten ist und schwach nach der freien Atmosphäre hin zunimmt, stärker aber nach dem Boden zu anwächst. Die Erklärung für dieses Diagramm kann nur die sein, daß die Kohlensäure, die unsere landwirtschaftlich geschlossenen Kulturen verarbeiten, nicht in ihrer ganzen Menge aus der oberen Luft kommt, sondern daß diese Kohlensäure vom Boden her aufsteigt und von den grünen Pflanzen mehr und mehr aufgezehrt wird, und zwar in dem Maße, wie es im Laufe des Tages und dauernd beim Aufsteigen von dem untersten am stärksten beschatteten Blatt zum höchsten heller wird. Vielleicht noch etwas sinnfälliger zeigt Abb. 4 diesen Tatbestand.

Man kommt also auf Grund ausgedehnter Untersuchungen zu dem Schlusse, daß ganz überwiegende Mengen von Kohlensäure für unsere landwirtschaftliche Erzeugung vom Boden her stammen, und ich muß ganz

Abb. 5. CO_2-Abgabe in mg/m² h bei verschiedener Bearbeitungstiefe und schwacher Befeuchtung.
□ = trocken ▨ = feucht.

Abb. 7. CO_2-Abgabe in mg/m² h unter Regeneinfluß.

Abb. 9. Einfluß verschiedener Kunstdünger auf die CO_2-Abgabe des Bodens in mg/m² h.

kurz dabei verweilen, um zu zeigen, wie weit das sichergestellt ist, und ob über die Mengen von Kohlensäure etwas gesagt werden kann, die sich so vom Boden aus in die Luft entbinden.

Der Bodenkohlenstoff.

Wie viel Kohlenstoff enthält denn der Boden? Im allgemeinen ist es so, daß die verschiedenen Tiefenschichten des Erdbodens abnehmenden Gehalt an Kohlenstoff haben. 1 bis 4 vH Kohlenstoff in den obersten 20 Zentimetern ist ein üblicher Wert, gegen 1 m Tiefe zu hat man noch zwischen 0,1 bis 0,5 vH C; mooriger Boden und Moorerde können zwischen 5 bis 20 vH C enthalten. Auf Grund dieser Angaben kann man auf 1 m² Landfläche etwa mit 9 kg Kohlenstoff rechnen, der, an organische Stoffe gebunden, in der Erde schlummert. Es dürften so auf den 320 000 km² landwirtschaftlichen Bodens Deutschlands 3 Milliarden t Kohlenstoff entfallen oder so viel, wie bei etwa 40 guten Mittelernten im ganzen umgesetzt werden.

Kohlenstoffhaltig sind im Boden eine ganze Anzahl von Stoffen, die alle mehr oder weniger Reste von Pflanzen oder Tieren sind und die alle auch wieder Bakterien als Nahrung dienen können. In dem Maß ihrer mehr oder minder guten Eignung für diesen Zweck werden sie schneller oder langsamer von den Bakterien aufgezehrt. Wärme und Feuchtigkeit, Luft und die Gegenwart von einigen Nährsalzen, die uns bis vor wenigen Jahren nur als sogenannte Düngemittel der grünen Pflanzen bekannt waren, erhöhen die Regsamkeit der Bakterien und ihre Vorliebe für den kohlenhaltigen Humusboden. Stoffe wie Zellulose, Stärke, Zucker, Eiweiß und Fett, soweit sie nicht von Regenwürmern vertilgt werden, fallen am raschesten der Tätigkeit der Bakterien anheim, und es bleiben die schwieriger zerlegbaren Verbindungen zurück, die schließlich zu torfartigen und kohlenartigen Gebilden führen. Deren Zersetzungsgeschwindigkeit wird immer kleiner. Aber es ist doch bemerkenswert, daß Potter die Feststellung gemacht hat, daß selbst ein so stabiler Körper wie Steinkohle ebenso wie Holzkohle noch durch Bakterien zersetzbar ist, wenn auch 1 g Holzkohle etwa zehn Jahre zur völligen Zersetzung braucht. Daß frisch untergebrachte Gründüngermassen schon nach ½ bis ¾ Jahren fast völlig geschwunden sind, weiß jeder Praktiker, und es wird auch durch neuere Untersuchungen von Wießmann bestätigt, daß Gründünger sich viel rascher als Stallmist zersetzt und dabei größere Mengen CO_2 liefert. Diese Zersetzung

Abb. 6. CO_2-Abgabe des Bodens in mg/m²h unter Berücksichtigung der Wirkung verschiedener Bearbeitungsweisen.

Abb. 8. Einfluß von Stallmist auf die CO_2-Abgabe des Bodens in mg/m² h.

Abb. 10. Versuche über die CO_2-Abgabe des Bodens in mg/m²h im Freien bei verschiedener Düngung.

spielt sich nun im Ackerboden ab, und da dieser im allgemeinen eine nach der Tiefe zu durch Dichtheit oder Grundwasser abgeschlossene Luftschicht aufweist, muß sich in der Luft des Bodens Kohlensäure bis zu einem gewissen Grad anreichern. Da der Boden aber nach oben zu porig ist oder bei richtiger Bearbeitung porig oder krümelig sein sollte, so wird diese Anreicherung nie weiter gehen als der Geschwindigkeit entspricht, mit der gemäß den Gesetzen der Diffusion aus der Bodenluft mit hohem CO_2-Gehalt die Kohlensäure nach der minder CO_2-haltigen freien Luft entweicht.

Aus den aufeinanderfolgenden Untersuchungsreihen von Bornemann, Lundegardh und Reinau hat sich mit zunehmender Sicherheit ergeben, daß aus 1 m² Bodenfläche innerhalb einer Stunde gewisse Mengen, und zwar etwa 0,05 bis zu 0,8, sogar bis 2 g Kohlensäuregas durch freiwillige Diffusion austreten.

In Abb. 5 bis 11 ist nun vorgeführt, wie verschiedene künstliche Einflüsse die natürliche CO_2-Abgabe der Ackerböden verändern. Die Art der Bearbeitung beeinflußt sowohl je nach ihrer Tiefe, Abb. 5, als nach der Art der verwendeten Geräte, Abb. 6. Man sieht hier, wie zunehmende Bearbeitungstiefe, die CO_2-Abgabe anfangs fast verhältnisgleich der Tiefe, dann langsamer steigert. Ferner, daß eine sofortige rasche Durchmischung, wie sie mittels einer Bodenfräse, Abb. 6, erzielt wird, etwa 10 bis 15 vH mehr CO_2 liefert als gepflügtes und geeggtes Land.

Abb. 5 und 7 zeigen auch den Einfluß von Regen und Bewässerung auf Ackerland, das verschieden tief bearbeitet war, und auf Gartenland. Regen ergibt großen Einfluß auf flache Bearbeitung und geringen bei tieferer Bearbeitung.

Wie Stallmist auf die CO_2-Abgabe des Bodens wirkt, zeigt Abb. 8; Abb. 9 veranschaulicht den Einfluß der Düngesalze auf den bakteriellen C-Abbau des Bodens, worauf nach Wollny wohl Koch, Göttingen, als erster hingewiesen hat. Die Zahlen stammen von Lundegardh. Hier handelt es sich teils um Laboratoriumsbeobachtungen, die aber auch im Freien, Abb. 10, in ähnlicher Weise bestätigt werden. Man sieht, daß Kalk und Stickstoff gleichzeitig am besten wirken. Abb. 11 erläutert den Einfluß der Bodentemperatur und der Jahreszeit. Diese Mittelzahlen aus allen jeweiligen monatlichen Bestimmungen auf dem Versuchsgute für Bodenfräskultur der SSW in Gieshof veranschaulichen, wie mit zunehmender Jahrestemperatur die Bodenatmung ansteigt und wie sie nach dem Sommer wieder fällt. Man sieht, daß in den Monaten, wo wir unsre Getreideäcker räumen, also im Juli und Anfang August, der Boden sehr beträchtliche Mengen Kohlensäure abgibt. In vielen Fällen wird nach der Ernte der Acker einfach geschält und bleibt bis Mitte Oktober liegen. Er sollte in dieser Zeit unbedingt grün gehalten werden, sei es mit Klee oder andern Leguminosen oder Feldfrüchten. Die Gründüngerpflanzen fangen dann auf jeden Fall noch die aufsteigende Kohlensäure in sich auf — natürlich auch die leicht löslichen Nährsalze des Bodens —, und wenn diese Pflanzen dann noch kurz vor der Winterbestellung oder im Frühjahr gut untergebracht werden, so bilden sie ein ausgezeichnetes Futter für die Lebewesen im Acker und können im Frühjahr zusätzliche Mengen von Kohlensäure liefern, die gerade in den Zeiten der Bestockung des Getreides unter Umständen von Bedeutung sein könnten (Bornemann). In der Jahreskurve der Bodenatmung fällt in das Flächenstück von Mitte Juli bis Mitte Oktober mindestens ein Viertel der gesamten Kohlensäureentbindung des Bodens; sie richtig nutzen, heißt die Dauer der Fruchtbarkeit um 25 vH verlängern. Voraussetzung für diese Maßnahme ist aber rasche Bearbeitung der abgeernteten Getreidefelder. Rasche Bearbeitung gelingt nur mit wirklich zuverlässigen Maschinen.

Abb. 11. CO_2-Abgabe des Bodens in mg/m²h bei verschiedenen Temperaturen in den verschiedenen Jahreszeiten.

Also alle möglichen ackertechnischen Maßnahmen wie Bearbeitung, Düngung, Bewässerung und Erwärmung wirken bestimmend auf die Größe der Bodenatmung ein. Es wäre merkwürdig, wenn sich eine Beschleunigung dieser CO_2-Abgabe des Bodens nicht in vermehrten Ernten geltend machte. Aber jeder weiß z. B., daß Höchsternten bei Kartoffeln und Rüben nur nach beträchtlichen Mistgaben möglich sind (Abb. 8).

Zahlentafel 1 erläutert, woher es wohl gerade kommen mag, daß Rüben und Kartoffeln so auf eine verbesserte CO_2-Versorgung antworten.

Zahlentafel 1. Die Verteilung des Kohlenstoffes bei mittelguten Ernten in kg/ha.

	Umsatz	zurück	Verbrauch aus Boden und Luft	vom Acker entnommen
Rüben	3375	1050	2325	2000
Kartoffeln	2900	1300	1600	1200
Weizen	2830	2030	800	450
Wiese	2200	1500	700	100
Roggen	2400	1770	630	280
Hafer	2300	1900	400	50

Die Zahlen der Zahlentafel 1 geben die Kohlenstoffmenge in kg/ha, und zwar bedeuten die Angaben in den vier Spalten:

1. Gesamtumsatz an C. Darin alles eingeschlossen: Wurzeln, Blätter und Frucht.
2. Den Anteil an C, der bei üblicher Wirtschaftsweise wieder in den Boden zurückkehrt.
3. Den Anteil an C, der von der Ernte verbraucht wird.
4. Den Anteil an C, der der Bodenkohlensäure entstammt, unter der Annahme, daß die verschiedenen Gewächse zwischen 350 und 600 kg C der Luft entnehmen.

Es ist ganz deutlich, daß Rüben und Kartoffeln den Boden hinsichtlich des C wesentlich mehr anstrengen als die Getreidearten. Ihnen muß der Boden aus seinen eigenen oder aus zugebrachten, leicht verdaulichen Stoffen (Mist oder Kompost) das drei- bis vierfache an CO_2 abgeben, wie den übrigen Hauptfrüchten, wenn man Höchsterträge erzielen will. Was geschieht nun aber mit einem Acker, in dem die leicht abbaubaren Humusstoffe immer mehr verschwinden? Ganz abgesehen davon, daß die physikalischen Eigenschaften des Ackers dadurch verschlechtert werden, muß auch die CO_2-Erzeugung und müssen die Ernten nachlassen.

In Zahlentafel 2 ist einmal zusammengestellt, was 1 kg Kohlenstoff in den verschiedensten Formen und Nahrungsmitteln kostet, und welche Mengen von den betreffenden Stoffen dies 1 kg C enthalten. Wenn hier neben dem billigen Kohlenstoff der Ackererde mit nur 0,2 ₰/kg der teuere der Orchideenblüte mit 2 Mill. Pfennigen erscheint, so bitte ich, deshalb nicht zu glauben, ich sähe in der Orchidee gerade nur Kohlenstoff. Ich wollte nur eine Brücke herstellen zu dem teuersten Kohlenstoff, den diese Liste aufweist, dem Diamanten. Man sieht, wieweit die Gärtnerei die Veredelung des Kohlenstoffes treibt: von 10 ₰ im Stallmiste, den ja die Gärtner so ausgiebig verwenden, auf 50 000 ₰ bei Treibhausgurken oder 350 000 ₰ bei Frührosen und Nelken. Die Landwirtschaft macht aus der nur 0,2 ₰ kostenden Ackerkohle für 60 ₰ Kartoffelkohlenstoff: also 300-fache Wertsteigerung, während von Stallmist zu Kartoffel nur 6-fache Wertsteigerung herrscht. Wenn man sogar mit Schneidewind annimmt, daß der C des Stallmistes zu 50 vH im Ertrag zum Vorscheine kommt, so hat man immerhin für 20 ₰ Kohlenstoffaufwand 60 ₰ Kartoffelkohlenstoff. Wie vorteilhaft es sein kann, in den Betrieb Torf einzuführen, zeigt die Spanne von 3 ₰ für 1 kg Torfkohlenstoff zu 75 ₰ im Roggen. Selbst eine Ausnutzung von nur 5 vH würde noch einen Gewinn von 15 ₰ auf 1 kg Torfkohlenstoff ergeben.

Gerade beim Torf ist auffallend, wie schlecht er als Ersatz für Steinkohle zu verwerten ist; gegenüber 3 ₰/kg beim Torfkohlenstoff steht beim Steinkohlen-Kohlenstoff nur ein Preis von 5 ₰/kg, dagegen kommt man bei Anwendung des Torfes als Kompost für Kartoffeln auf eine vierfache Wertsteigerung bei einer Ausnutzung von nur 20 vH. Es scheint mir also dringend geboten, vom Standpunkte der Kohlenstoffwirtschaft unserer Landwirtschaft das Verbrennen von Torf zu vermeiden und ihn lieber dort, wo sein Ausgraben wirklich zulässig ist, über künstliche Kompostierung oder den Viehstall der Ackerwirtschaft den humusarmen Sandböden zuzuführen.

In den rd. 22 000 km^2 Moorflächen schlummern mindestens 5,5 Billionen kg Kohlenstoff, die, wie schon vielfache Versuche ergeben haben, noch sehr leicht dem bakteriellen Abbau zugänglich gemacht werden können; sicherlich viel leichter als die Stein- und Braunkohlen. Stoklasa hat ja nachgewiesen, daß die Braunkohlen als Bakterienfutter in Betracht kommen, und neuerdings tauchen sie tatsächlich in entsprechend entsäuertem Zustand als Welmizer Humuskohle da und dort als Kohlenstoffdünger auf. Viel mehr als diese Kohlenstoffträger sollte man den Torf dazu verwenden, um den Boden mit Kohlenstoff anzureichern und physikalisch und chemisch zu verbessern. In unsern Torfmooren ruht wirtschaftlich brauchbarer Kohlenstoff für die Ernten weiterer 100 Jahre, den man möglicherweise in rascheren Umlauf bringen sollte.

Die Verwertung des Kohlenstoffes.

Es wird fruchtbar sein, von den Zukunftssorgen zu denen des Tages zurückzukehren und sich zu besinnen, was eigentlich mit all dem in der landwirtschaftlichen Erzeugung steckenden Kohlenstoff und dem, was er trägt, der zugehörigen Enegie, geschieht, und zwar sind hier drei Gruppen zu unterscheiden:

a) Der Kohlenstoff, der lediglich dazu dient, um die Pflanzen so wachsen zu lassen, wie wir es wünschen. Darin ist enthalten der Kohlenstoff der Ernterückstände (etwa 25 vH) und jener, der den Arbeitstieren zu Nahrung und Haltung dient (etwa 35 vH).

b) Der Kohlenstoff, den man durch Tiere hindurchgehen läßt, um ihn dem Menschen in besonders angenehmer und bekömmlicher Form darzubieten. Zur Fleisch- und Fetterzeugung sind etwa 20 vH, zur Milch-, Butter- und Käseerzeugung etwa 10 vH nötig.

c) Der Kohlenstoff, den der Mensch unmittelbar ißt. Er macht nur 15 vH des gesamten Kohlenstoffes aus.

Um 15 vH des C in menschlich genießbare Form zu bringen, müssen 35 vH des C in Tierarbeit gesteckt werden! Etwa 2,5 mal soviel C, wie zur Menschennahrung dient, muß also zur Gewinnung der Tierarbeit aufgewandt werden.

Zahlentafel 2. Menge und Preis des in einigen Stoffen vorkommenden Kohlenstoffes.

1 kg Kohlenstoff ist enthalten in:		1 kg Kohlenstoff kostet:
Art der Ware:	Menge in kg	₰
Ackererde	100	0,2
Torf	2,6	3
Steinkohle	1,25	5
Stroh	3	1,6
Holzkohle	1,4	10
Stallmist	10	10
Benzin	1,25	50
Kartoffeln	10	60
Roggen	3	75
Brennspiritus	2,2	100
Mehl	3	150
Zucker	3	180
Erbsen	3,4	180
Weißbrot	3,4	245
Schmalz	1,25	250
Milch	12	370
Butter	1,25	550
Bier	8,5 l	800
Fleisch	2,6	800
Aepfel	10	800
Eier	10	2000
Blumenkohl	12,5	2500
Apfelsinen	2,5	4000
Treibhausgurken	8	50000
Nelken oder Rosen	4	350000
Orchideen	4	2000000
Diamanten	1	12000000

Tierarbeit 1 Zugtier auf 1 ha — Motorarbeit — ¾ ha — 1 ha — ¼ ha

Abb. 12 und 13. Verwendung von 3 ha Ackerland bei Tier- und Motorarbeit.

Ich will mich gar nicht auf einen einseitigen Standpunkt stellen und, weil es Mode ist, Motorkultur empfehlen; denn schließlich heißt Tierarbeit energetisch: Arbeiten mit der Sonnenenergie des vergangenen und laufenden Jahres, Motorkultur aber: Arbeiten mit der Sonnenenergie einer Zeit, die Jahrmillionen zurückliegt. Und wenn die Chemiker aus Paraffin wirklich Fette herstellen könnten, wie es einige Zeit lang schien, dann wäre noch sehr wohl durchzurechnen, ob es nicht praktischer wäre, aus Rohöl Margarine zu machen, statt Motorpflüge damit zu betreiben. Da wir aber heute die Sonnenenergie, die Jahrtausende alt ist, noch nicht, sehr wohl aber in Form von Haferflocken und Grütze die Sonnenenergie des letzten Jahres essen können, die uns heute unsre Arbeitstiere wegfressen, so ist die **Motorkultur** kein Schlagwort für uns, sondern **eine Forderung des Tages** so lange, bis wir nichts von den wichtigsten Grundnahrungsmitteln mehr einführen müssen. Und geht dies nicht durch Erzeugungssteigerung, so muß es durch Ersparnis von Tierarbeit versucht werden. Da etwa ein Fünftel unserer Nahrung noch immer vom Auslande kommt, so müßte eine Verminderung der Tierarbeit von 35 auf 19 vH des C entweder durch unmittelbare Ersparnis von Stoffen, die zur Brotbereitung usw. dienen, oder entsprechende Erhöhung der Milch-Fleisch-Erzeugung unsere Selbsternährung sicherstellen. Wir hätten dann in Zukunft $^1/_7$ unseres landwirtschaftlichen Umsatzes für Menschennahrung, fast die Hälfte für tierische Nahrungserzeugung und nur noch ⅙ für Tierarbeit. Die gesamte Tierhaltung würde also kaum merklich zurückgehen, und dies kann sie und braucht sie so lange nicht, wie die Kulturpflanzen 25 vH allen Kohlenstoffes bei ihrem Anbau allein für ihren eigenen Aufbau gebrauchen. Unsere Getreidearten geben nämlich vorerst immer noch fast doppelt so viel Kohlenwert an Stroh wie an Körnern, und auf gewissen tiefliegenden oder feuchten Flächen können wir nur Gras und Heu bauen. Es fallen da also beim Betriebe der Landwirtschaft gewissermaßen Nebenerzeugnisse ab, die sich nur durch Tiere vorteilhaft verwerten lassen, die infolge des Durchganges durchs Tier und durch die Kompostierung vorverdaut, in eine dem Acker besonders zuträgliche Form kommen. Wenn nach völliger Abschaffung aller Tierarbeit 62 vH allen Kohlenstoffes als Tierfutter diente — wobei mindestens 10 vH C zur Menschennahrung entstünde, so daß sich diese von heute mit 10.5 vH auf 20,5 vH vermehrte, dann gingen in den Mist nach anerkannter Regel etwa 31 vH des C über. Wenn wir lernten, diesen Mist wirklich pfleglich zu behandeln, so würden wir damit zwischen 24 und 12 Mill. t C im Jahre den Äckern zurückgeben können. Dank der heutigen schlechten Mistwirtschaft gehen über den Misthaufen höchstens 8 Mill. t C auf die Äcker zurück.

Da man allenthalben in letzter Zeit von Überfluß an Spiritus geredet hat und immer wieder behauptet wird, ohne Spiritusbrennerei seien gewisse Böden nicht zu bearbeiten, so habe ich unter dem Gesichtspunkte der Motorkultur und des Kohlenstoffhaushaltes die folgende Gegenüberstellung gemacht:

Der Aufwand an Tierarbeit in einem Betriebe wird dreimal so hoch gerechnet, wie sie zur Ackerung nötig wäre. Da bei uns in Deutschland auf ein Arbeitstier 3 ha Land entfallen, ein Arbeitstier aber rd. 15 000 kg Kartoffeln oder deren Gegenwert jährlich frißt und 1400 kg Streustroh braucht, so ergibt sich das in Abb. 12 dargestellte Verwendungsverhältnis von 3 ha Ackerland unter heutigen Verhältnissen. Man sieht, wie ein Hektar vollständig in Anspruch genommen wird, um das nötige Futter zu erhalten, und von dem andern Hektar, das mit Korn angebaut sein soll, ein Viertel für das nötige Streustroh belegt wird. Nur 1¾ von 3 ha bleiben für menschliche Ernährung frei! In Abb. 13 ist zugrundegelegt, daß man für die Bestellung und Bewirtschaftung dieser 3 ha Landes 390 kg Sprit entsprechend 4200 kg Kartoffel braucht. Bei Spiritusmotorarbeit wird also nur ¼ ha von 3 ha gebraucht; demnach bleiben von 12 Teilen Land bei Spirituskultur 11, bei Tierarbeit 7 Teile für den Menschen frei. Es besteht also dringende Veranlassung, sich mit dieser Frage zu befassen, die auf eine 1½fache Vermehrung der deutschen Ackerflächen durch Vermittlung der Maschinentechnik hinläuft. Hinsichtlich der Kohlenstoffbilanz des Bodens ergibt sich folgendes: Wenn ein Tier 300 Zentner Kartoffeln im Jahre frißt, so veratmet es 1,5 t C, und die andren 1,5 t C gehen in den Mist, und davon kommt gewöhnlich höchstens die Hälfte wieder auf den Acker zurück. Die 1400 kg Stroh für Streu sollen mit 80 vH ihres Kohlenstoffwertes wieder zurückkehren; dann haben wir eine Verarmung an C von 1,1 t/ha. Im Falle der Motorkultur werden aber von 3 ha nur 1,1 t C entnommen, also auf 1 ha nur 0,36 t C oder ⅓ so viel wie bei der Tierkultur. So wäre der Erfolg, auf das Ganze der Ackerkohle gerechnet: nahezu eine doppelte Reichweite!

Man sieht also, daß die Landbewirtschaftung mittels vorjähriger Sonnenenergie und eigener Ackerkohle durch Spiritusmotorkultur billiger und bezüglich des Kohlenstoffes aus dem Acker sparsamer ist als die Bestellung mit Tieren. Allerdings spart das Arbeiten mit Jahrhunderte alter Sonnenenergie, also Ölen, gegenüber der Spirituskultur wohl noch etwas mehr Land und Kohlenstoff, aber es ist nicht so bodenständig, weil man mit seinem Betriebstoff von entfernter liegenden Gegenden abhängig ist.

Also selbst mittels Ackerkohle über Spiritus spart Motorkultur Ackerkohlenstoff oder sie läßt ihn frei zur Tiermast und Milcherzeugung, dehnt also die Betriebsweisen aus, die eine geregelte Mistgewinnung mit Ackerkohlenstoff gestatten. Aber sie bewirkt noch ein weiteres: sie entlastet den Menschen von schwerer Körperarbeit und dehnt den Nahrungsspielraum aus. Trotz einer erfreulichen Fruchtbarkeit unseres Volkes besteht zunächst noch nicht der Zwang zu der kulihaften Emsigkeit des Chinesen; davor bewahrt uns die Mechanisierung und Technisierung. Ja, sie birgt sogar noch ein weiteres Abhilfsmittel für eine Gefahr, die an sich in ihr liegt. Weniger Körperarbeit und erhöhte Geistesarbeit beim Bedienen von Maschinen stellt im allgemeinen höhere Ansprüche an leichtverdauliche gehaltreiche Kost. Der Städter und Industriearbeiter braucht weißeres Brot und mehr Fleisch als der Bauer. Wie die vorhin gezeigte Bilanz der grünen Kohle zeigte, wird aber bei zunehmender Motorkultur unter Umständen mehr als das Doppelte der heute möglichen Fleisch- und Milcherzeugung erreicht, also trotz den sicher zunehmenden Ansprüchen an den Fleischverbrauch kann das Angebot davon mehr als gedeckt werden. Es ergibt sich überhaupt aus der gesamten Kohlenstoffbilanz, daß trotz weitgehender Entnahme von Ackerkohle für unsre Ernten diese bei entsprechender Berücksichtigung der neueren Erkenntnisse nicht nur nicht zurückzugehen brauchen, sondern sich steigern könnten, und daß sie für Jahrhunderte alles Nötige sowohl für den heutigen Stand unserer Bevölkerung als auch für eine wesentlich vermehrte Bevölkerung aus eigener Scholle liefern. Es handelt sich nur um eine Frage der Besinnung und Ausnutzung der als richtig erkannten technischen Maßnahmen.

[B 403]

Einfluß des Auftreffwinkels bei Becherturbinen.

Von Dipl.-Ing. Heinz Ludewig, Dessau.

Versuche mit Bechern bestimmter Art (1,0 *G*-Becher) haben ergeben, daß eine von der üblichen abweichende Becherstellung auf den Wirkungsgrad günstig wirkt, und zwar wenn das senkrechte Auftreffen des Strahles von der Mitte gegen das Ende der vollen Beaufschlagungsstrecke verlegt wird.

Zweck der Versuche.

In dem in Z. Bd. 57 (1913) S. 441 und Bd. 62 (1918) S. 821 veröffentlichten Untersuchungen an Becherturbinen waren im ersten Teil verschiedene Düsen- und Becherformen verglichen worden, wobei sich neben vielen andern wichtigen Ergebnissen herausgestellt hatte, daß die Becher ohne wesentliche Verminderung des Wirkungsgrades weit stärker belastet werden konnten, als es nach den vorherigen Annahmen der Fall war. Der daran anknüpfende zweite Teil befaßte sich ausschließlich mit einer Becherart, den sogenannten *G*-Bechern. Die zugrunde liegenden Versuche waren mit vier verschiedenen, einander ähnlichen Größen von *G*-Bechern angestellt worden, wobei jedoch der Strahlausschnitt bei allen gleich war. Hieraus waren dann die günstigen Bedingungen für die Neukonstruktion einer Becherturbine mit *G*-Bechern und der angewandten Düsenart zusammengestellt worden.

Diese Untersuchungen waren aber durchweg nur mit einer einzigen Becherstellung ausgeführt worden. Im zweiten Teil wurde schon darauf hingewiesen, daß durch die Änderung des Auftreffwinkels bei gleichzeitiger Änderung des Strahlabstandes eine weitere Verbesserung des Wirkungsgrades bei den angewandten *G*-Bechern möglich sei. Zur Untersuchung dieses Einflusses war bereits eine Scheibe mit Füllstücken nach Abb. 1 bis 5 entworfen worden, die es ermöglichte, die 1,0 *G*-Becher in vier verschiedenen Stellungen zu befestigen, indem die Becher um den Punkt *D* gedreht wurden und der andre Befestigungsbolzen durch die betreffende Öffnung des Füllstückes gesteckt wurde[1]).

Über den Auftreffwinkel gibt die einschlägige Literatur (Thomann, Escher u. a.) an, daß in der Mitte der Strecke der vollen Beaufschlagung die Becherschneide senkrecht zur Strahlachse stehen soll, wie dies etwa bei der Becherstellung *A* der Fall ist. Wird nun der Becher um den Punkt *D* gedreht und in einer andern Stellung mit dem Rad fest verbunden, so tritt die senkrechte Beaufschlagung früher oder später ein. Damit ändern sich der Auftreffwinkel und auch die Wasserwege auf den Bechern. Die Versuche sollten nun ermitteln, welche Befestigungsart der 1,0 *G*-Becher das günstigste Ergebnis bringt, und in welcher Weise damit die Höhe des Wirkungsgrades von der Stelle der senkrechten Beaufschlagung abhängig ist. Dabei war es aber noch fraglich, ob für eine andre Becherstellung der für die normale Stellung ermittelte günstigste Auftreffpunkt derselbe war. So mußte zunächst durch Veränderung des Strahlabstandes die günstigste Lage des Auftreffpunktes für jede Stellung ermittelt und dann die ermittelten günstigsten Werte miteinander verglichen werden.

Versuchseinrichtung.

Die Versuchsturbine nebst Meßvorrichtungen ist bereits im ersten Teil der oben erwähnten Veröffentlichungen ausführlich geschildert worden, so daß es sich erübrigt, hier nochmals darauf einzugehen. Schon die früheren Versuche hatten es notwendig gemacht, von Zeit zu Zeit den Betriebzustand der Turbine nachzuprüfen. Zwischen den einzelnen Versuchsreihen war die Turbine mit einem bestimmten Vergleichsrad F_{22} bei abgenommener Bremse auf die Leerlaufdrehzahl gebracht und die Düse möglichst schnell geschlossen worden. Die Umlaufzahlen nahmen dann allmählich ab, bis nach einer gewissen Zeit die Turbine zum Stillstand kam. Diesen Vorgang zeichnete eine Schreibvorrichtung mittels elektromagnetischer Übertragung jeder hundertsten Umdrehung des Rades auf, wobei aus den Schwingungen einer Pendeluhr mit darunter befindlichem Quecksilberkontakt der Zeitverlauf festgehalten wurde[2]). Aus den Aufzeichnungen wurde dann die Winkelgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Zeit ermittelt. Diese „Auslaufversuche" wurden gleichfalls zu Beginn der Versuche und nach jeder Versuchsreihe angestellt, wobei sich herausstellte, daß die ermittelten Kurven im Bereich der früheren lagen.

Ausführung der Versuche.

Damit die Versuche mit den früheren leichter verglichen werden konnten, wurden zunächst vier Nadelstellungen gewählt, wobei die durchfließenden Wassermengen jedesmal den früheren Versuchen ungefähr entsprachen. Für jede Nadelstellung waren dann mindestens vier verschiedene Drehzahlen zu untersuchen, innerhalb deren der günstigste Wirkungsgrad liegen mußte. Da die günstigsten Drehzahlen ihre Lagen wenig veränderten, so konnten die betreffenden Belastungen der Wage vor jeder Nadelstellung ungefähr berechnet werden.

Hierbei war aber noch zu beachten, daß bei weniger als 375 Uml./min Schwingungen in den Riemen für den Antrieb der Kreiselpumpe und in den Gestängeteilen der Bremse auftraten und die Wage infolgedessen stark schwankte. Wenn man dies vermeiden wollte, mußten die angewandten Betriebsdrücke stets genügend hoch sein, damit für niedrige $n_1 = \frac{n}{\sqrt{H}}$ noch Drehzahlen n über 375 Uml./min angewandt

[1]) Herr Geheimer Regierungsrat Prof. Dr.-Ing. eh. E. Reichel wies mich auf diese Untersuchungsmöglichkeit hin und gestattete mir, die betreffenden Versuche an der bereits früher benutzten Turbine der Charlottenburger Versuchsanstalt für Wassermotoren unter Verwendung der vorhandenen Einrichtungen anzustellen. Für dieses Entgegenkommen möchte ich auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aussprechen. Gleichfalls danke ich allen Kommilitonen und dem Maschinenmeister Wilde, die mir bei der Durchführung der Versuche behilflich waren.

[2]) Z. Bd. 52 (1908) S. 1835.

Abb. 1 bis 5. Versuchsrad für 32 1,0 G-Becher mit Vorrichtung zum Verändern der Becherstellung.

Abb. 2 bis 5. Füllstücke.

Zahlentafel 1. Versuchsergebnisse: Höchstwerte der Wirkungsgrade bei Änderung der Becherstellungen und Strahlabstände r_s.
U_I = Umfangsgeschwindigkeit bei 100 m Gefälle = rd. 20 m/s.

		Stellung B Strahlabstand mm			Stellung A Strahlabstand mm				Stellung C Strahlabstand mm				Stellung D Strahlabstand mm		
		260,5	262,8	263,5	263,2	263,5	265,0	267,0	259,8	261,2	262,8	263,5	260	262	263,5
$Q_1 = 24,8$ l/s	n_1 Uml./min	740	740	750	725	745	750	750	730	705	740	740	750	765	750
	u_1	20,18	20,35	20,69	19,97	20,53	20,8	20,96	19,88	19,32	20,4	20,5	20.48	21,0	20,75
	η_{max}	83,1	83,0	82,4	85,2	**85,2**	85,0	85,0	84,9	85,1	**86,4**	84,5	85,1	**86,5**	84,0
	N_1 PS	27,5	27,45	27,25	28,16	28,16	28,1	28,1	28,1	28,15	28,6	27,9	28,15	28,6	27,75
	n_s	12,3	12,3	12,4	12,2	12,5	12,6	12,6	12,25	11,85	12,55	12,4	12,6	13,0	12,5
$Q_1 = 32,7$ l/s	n_1 Uml./min	760	770	770	—	760	—	—	750	710	760	750	755	775	755
	u_1	20,7	21,2	21,25	—	20,94	—	—	20,43	19,45	20,95	20,73	20,6	21.32	20.9
	η_{max}	83,1	83.2	81,4	—	**85,5**	—	—	86,2	86.6	**87,4**	84,7	85.2	**87,2**	84,6
	N_1 PS	36,25	36,3	35.5	—	37,5	—	—	37,6	37,75	38,1	36,9	37,1	38.0	36,85
	n_s	14,5	14,7	14,5	—	14,7	—	—	14,6	13,85	14,85	14,45	14,6	15,3	14,5
$Q_1 = 39,8$ l/s	n_1 Uml./min	785	790	780	760	785	780	775	760	720	780	765	770	780	765
	u_1	21,4	21,7	21,5	20.95	21,63	21,63	21,65	20,7	19,75	21,5	21,12	21,0	21,4	21.12
	η_{max}	82,4	82,1	80,4	85,3	**85,5**	85,4	84,5	85,3	86,5	**87,0**	84,6	84,7	**87,1**	84,4
	N_1 PS	43,7	43,55	42,65	45,25	45.35	45,5	44,8	45,3	45,8	46,2	44,9	45.0	46,25	44,8
	n_s	16,4	16,5	16,1	16,2	16,7	16,65	16,4	16,25	15,45	16,8	16,25	16,35	16,8	16,25
$Q_1 = 48,6$ l/s	n_1 Uml./min	795	800	790	780	785	790	800	765	735	800	780	780	785	775
	u_1	21,7	22,0	21,8	21,5	21,63	21,90	22,36	20,83	20.2	22,05	21,55	21,3	21,55	21,5
	η_{max}	81,0	80,2	78,2	82,2	**84,9**	84,2	81.3	84,4	86,0	**86,2**	83,6	84,4	**86,9**	83.9
	N_1 PS	52,45	51,9	50,65	53.2	55,0	54.5	52,7	54,6	55,7	55,8	54,1	54.6	56.3	54,3
	n_s	18,2	18,25	17,8	18,0	18,4	18,45	18,35	17,9	17,95	19,65	18,85	18,9	18,7	18,2
$Q_1 = 62,6$ l/s	n_1 Uml./min	—	—	—	815	840	820	815	—	—	—	—	—	—	—
	u_1	—	—	—	22,45	23,14	22,74	22.76	—	—	—	—	—	—	—
	η_{max}	—	—	—	77,0	**82,5**	82,3	75,2	—	—	—	—	—	—	—
	N_1 PS	—	—	—	64,3	68,9	68,7	62.8	—	—	—	—	—	—	—
	n_s	—	—	—	20,7	22,1	21,5	20,4	—	—	—	—	—	—	—

werden konnten. So wurde bei den Wassermengen $Q_1 = 62,6$, 48,6, 39,3, 32,7, 24,8 l/s der Betriebsdruck mindestens mit 3,4, 4,0, 4,8, 5,2 und 5,6 kg/cm² trotz größeren Stromverbrauches gewählt. Die geringsten Umlaufzahlen kamen dann nicht unter 375 Uml./min.

Durch Rechnung wurden aus den Versuchswerten: der Wassermenge Q, der Druckhöhe H, der Bremskraft P, der Bremshebellänge l und der Drehzahl n die bei 100 m Gefäll entstehenden Werte bestimmt und in Kurvenblättern für $P_1 = f(n_1)$ aufgetragen.

Im allgemeinen lagen die festgestellten vier Punkte gut auf einer Kurve. Für die wichtigsten oder nicht genügend genau ermittelten Stellen wurden die Bremsungen wiederholt. Diese Kurven für die „Bremskraft in Abhängigkeit von der Drehzahl" und nicht die errechneten Wirkungsgradwerte wurden auch den Wirkungsgradkurven zugrunde gelegt, indem von 50 zu 50 Uml./min die P_1-Werte abgelesen und damit die betreffenden Wirkungsgradwerte berechnet wurden. Die Höchstwerte der Wirkungsgrade mit den betreffenden Drehzahlen bei den eingestellten Wassermengen sind für sämtliche Becherstellungen und sämtliche Strahlabstände in Zahlentafel 1 zusammengestellt und in Abb. 6 aufgetragen. Aus den Werten des günstigsten Strahlabstandes jeder Becherstellung sind dann endlich die Wirkungsgradlinien in Abb. 7 aufgezeichnet, die den Einfluß der Becherstellungen auf den Wirkungsgrad zeigen.

Abb. 6. Versuchsergebnisse: Einfluß der Becherstellungen und Strahlabstände r_s auf den Wirkungsgrad.

Abb. 7. Versuchsergebnisse: Einfluß der Becherstellungen auf den Wirkungsgrad.

Abb. 8 und 9. Wasserbahnen nach der ersten und der letzten Teilbeaufschlagung bei den einzelnen Stellungen der 1,0 G-Becher.

Betrachtungen der Versuchsergebnisse.

Wie Abb. 6 und 7 zeigen, lag der günstigste Wirkungsgrad für die 1,0 *G*-Becher nicht bei der normalen Becherstellung *A*, wo die Strahlachse etwa in der Mitte der Strecke der vollen Beaufschlagung senkrecht zur Becherschneide steht, wie eigentlich erwartet wurde, sondern etwa bei der Becherstellung *C*, wo die senkrechte Stellung der Strahlachse zur Becherschneide erst gegen Ende der vollen Beaufschlagung eintritt. Dagegen blieb der bei der Becherstellung *A* ermittelte günstigste Auftreffpunkt auch für die andern Becherstellungen bestehen.

Rechnerisch konnte nun festgestellt werden, daß die bei den einzelnen Becherstellungen verschieden hohen Stoßverluste an der Becherschneide für die Wirkungsgradunterschiede nicht in Betracht kommen, denn der Stoßverlust beträgt an dieser Stelle höchstens 0,18 vH. Einzig und allein kommt daher der Einfluß der Becherverstellung auf die Wasserbahnen für die Wirkungsgradunterschiede von 3 bis 5 vH in Betracht.

Für halbzylinderförmige Löffelbecher wurde die Konstruktion derartiger Wasserbahnen von Hartwagner in der Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen Bd. 2 (1905) S. 98 u. f. veröffentlicht. Wenn der Radhalbmesser unendlich groß gewählt wurde, ergaben sich bei dieser Becherart Schraubenlinien als Wasserwege. Für endliche Radhalbmesser werden diese Schraubenlinien verzerrt. Bei den halbzylinderförmigen Löffelbechern war jedoch die Möglichkeit gegeben, die Becherfläche in eine Ebene abzuwickeln, was die Durchführung der Konstruktion wesentlich erleichterte. Bei den ellipsoidförmigen *G*-Bechern ist diese Abwicklung in eine Ebene nicht möglich, daher kommt hier ein andrer Weg in Betracht, den R. Camerer in seinem Werk „Vorlesungen über Wasserkraftmaschinen" 1. Aufl. S. 556 u. f. beschreibt. Auch diese Konstruktion ergibt höchstens für den äußersten und den innersten Wasserfaden mit der Wirklichkeit übereinstimmende Ergebnisse. Alle andern Wasserteilchen werden durch Sprühwirkung des Strahles und infolge der Ablenkung durch die zuerst auftreffenden Wasserteilchen in schwer festzustellender Weise beeinflußt und beschreiben andre Bahnen, als die Konstruktion ergibt. In Abb. 8 und 9 sind nun einige Wasserbahnen aufgezeichnet, wie sie ungefähr in der ersten und der letzten Teilbeaufschlagung bei den einzelnen Becherstellungen verlaufen werden. Diese Bahnen dringen jedesmal am tiefsten in den Becher hinein, oder sie werden am stärksten nach außen abgelenkt.

Die der Stellung *C* entsprechende bestrichene Fläche erscheint insofern günstiger gegenüber der von Stellung *A*, als die durch die Sprühwirkung hervorgerufene Strahlverbreiterung der Gesamtwirkung weniger schadet, wo die Wasserbahn schon ohne Berücksichtigung der Strahlverbreiterung bei der Stellung *A* dem Becherausschnitt ziemlich nahe kommt und Sprühteilchen hier wahrscheinlich durch den Becherausschnitt verloren gehen. Bei Becherstellung *B* ist dies bereits bei der konstruierten Wasserbahn der Fall. Der starke Abfall des Wirkungsgrades bei dieser Becherstellung hängt wohl damit zusammen. Bei der Becherstellung *D* verschiebt sich die Fläche noch weiter nach innen, und für die ersten Fäden tritt die Möglichkeit der rückwärtigen Beaufschlagung ein. Dies scheint jedoch weniger bedenklich zu sein, da der Wirkungsgrad nur wenig abfällt.

Demgemäß ist es bei den verwendeten 1,0 *G*-Bechern vorteilhaft, die Auftreffverhältnisse derart zu wählen, daß man möglichst lange eine Ablenkung nach innen hervorruft, um die Wirkung der Fliehkräfte aufzuheben und den Austritt durch den Becherausschnitt zu vermeiden. Ein Zuviel in dieser Hinsicht schadet weniger als ein Zuwenig. Die Lage der Eintrittkante wird man daher derart wählen, daß das senkrechte Auftreffen erst gegen Ende der vollen Beaufschlagung eintritt, was bisher nicht der Fall war. Es könnte bei den G-Bechern noch die Möglichkeit einer weiteren Erhöhung des Wirkungsgrades bestehen, wenn man die Austrittkante im obern Teil des Bechers noch vorzöge, wie dies gestrichelt angedeutet ist, da dadurch die Austrittsverhältnisse im obern Teil des Bechers verbessert werden; oder aber, wenn man den Becherausschnitt verkleinert und dadurch den bei Stellung *B* besonders stark auftretenden Wasserverlust vermindert.

Wieweit die hier bei den 1,0 *G*-Bechern gefundene günstigste Lage des senkrechten Auftreffens am Ende der voll beaufschlagten Strecke auch für andre Becherarten zutrifft, kann erst durch weitere Untersuchungen an andern Becherformen ermittelt werden. [B 46]

Zur Aerodynamik des Magnuseffektes.

Von Prof. Dr. Sandel, Chemnitz.

Es wird gezeigt, daß die Annahme, die Grenzschichtwirbel seien die Ursache der Zirkulation und des Magnuseffektes, zu Widersprüchen führt.

Der Aufsatz von Dr. Betz in Heft 1 über den Magnuseffekt war schon im Druck, als ich der Schriftleitung eine Abhandlung über denselben Gegenstand vorlegte. Darum will ich, um eine Wiederholung zu vermeiden, nur diejenigen Punkte erörtern, durch die eine weitere Klärung der Sachlage über die Arbeit von Dr. Betz hinaus nach meinem Dafürhalten erreicht werden kann.

Mit der Prandtlschen Grenzschichttheorie lassen sich wohl verschiedene Strömungserscheinungen in wirklichen Flüssigkeiten, wie z. B. der Widerstand oder die Entstehung des Totwassers erklären, doch kann ich mich den Darlegungen in Nr. 1 der Zeitschrift nicht anschließen, daß sich die Frage nach der Entstehung einer Strömung mit Zirkulation nur durch die Prandtlsche Grenzschichttheorie befriedigend erklären lasse. Meine Gründe gegen die Deutung der Vorgänge in der Grenzschicht als Ursache des Zustandekommens einer Zirkulation, wie sie in dem genannten Aufsatz in Nr. 1 der Zeitschrift geboten werden[1]), sind folgende:

Wohl ist die Entstehung der Zirkulation um einen Körper in einer vorher ruhenden Flüssigkeit nur möglich, wenn gleichzeitig Wirbel in der Flüssigkeit gebildet werden. Doch sind bei dem sich drehenden Zylinder die zur Entstehung der Zirkulation notwendigen und gesuchten Wirbel nicht etwa die, die bei Parallelströmung in der Grenzschicht entstehen, sondern der Zylinder selbst vertritt die Stelle eines Wirbelfadens, um den dann die Flüssigkeit kreist.

Ich begründe diesen Standpunkt mit folgendem:

1. Vor allem muß beim Entstehen der Zirkulation Flüssigkeit gegen den Zylinder zuwandern, da die Stromlinien bei zunehmender reiner Zirkulation den Zylinder immer dichter umgeben. Die aus der Grenzschicht abwandernden Wirbelzöpfe befriedigen diese Forderung nicht.

2. Die Entstehung der reinen Zirkulation dadurch, daß sich ein Zylinder in ruhender Flüssigkeit zu drehen beginnt, wäre nach Betz unmöglich, da er ja allgemein nur die in der Grenzschicht entstehenden Wirbel als die Ursache für das Zustandekommen der Zirkulation angibt. Es kann sich aber bei diesem Vorgang weder eine gebremste träge Grenzschicht ausbilden, noch werden überhaupt bei der reinen Zirkulation solche abwandernde Wirbelzöpfe entstehen, wie bei der Parallelströmung. Die Tatsache, daß trotzdem eine reine Zirkulationsströmung möglich ist, sagt uns das physikalische Gefühl. Sie wird auch durch die Erfahrung bestätigt und Lorenz[2]) hat sie durch Versuche nachgewiesen.

3. Daß die Oberfläche des die Stelle eines Wirbelfadens vertretenden Zylinders die Flüssigkeit mitnimmt, läßt im Übergangszustand Flüssigkeit dem Zylinder zuströmen (sich aufwickeln, wobei die einzelnen Flüssigkeitsteilchen eine Spirale beschreiben.

Im Beharrungszustand wie im Übergangszustand gilt die Gleichung:

$$\omega = \omega_0 \frac{r_0^2}{r^2}$$

[1]) s. auch die Abhandlung von Prandtl „Magnuseffekt und Windkraftschiff" in den „Naturwissenschaften" 13. Jahrgang Heft 6.

[2]) Lorenz, Techn. Hydromechanik, München und Berlin 1910 S. 363.

wobei die Winkelgeschwindigkeit ω_0 auf dem Halbmesser r_0 für den Übergangszustand als veränderlich anzusehen ist. Die Hydrodynamik weist nach, daß die Geschwindigkeitsverteilung für wirkliche Flüssigkeiten bei der reinen Zirkulation genau dieselbe ist, wie für reibungsfreie Flüssigkeiten[3]). Diese Feststellung der Theorie steht allerdings im Widerspruch zu der Bemerkung Flettners[4]): „Die Ansicht, daß die Luft in weitem Umkreis um den Zylinder in Zirkulationsströmung versetzt wird, wird man nach eingehendem Studium der Verhältnisse ablehnen." Ich bin überzeugt, daß selbst die Vertreter der Prandtlschen Grenzschichttheorie der Ansicht, daß die Luft in weitem Umkreis um den Zylinder in Zirkulationsströmung versetzt wird, doch beistimmen.

Im Gegensatz zu dem in dem erwähnten Aufsatz vertretenen Standpunkt bin ich der Auffassung, daß sich im ideal günstigsten Beharrungszustand die zirkulatorische Umströmgeschwindigkeit U mit jeder Umfangsgeschwindigkeit u des Zylinders deckt. Dieser günstigste Beharrungszustand wird allerdings sehr schwer erreicht, weil einmal in geschlossenen Versuchsräumen die zirkulierende Luftmenge begrenzt und ihr Zuströmen erschwert ist, dann auch wegen der Reibungen an Flächen senkrecht zur Achse und der damit verbundenen Wirbelungen mit mehr radialer Achse.

4. Ebenso unmöglich wie die Entstehung der reinen Zirkulation um den Zylinder wäre nach den oben erwähnten Darlegungen das Zustandekommen des Sichmitdrehens der Flüssigkeit innerhalb eines um eine senkrechte Achse umlaufenden Zylinders, worauf das bekannte Gyrometer beruht.

5. Wenn zu der reinen Zirkulation nun eine verhältnismäßig geringe Parallelströmung tritt, so verschieben sich die vorher in konzentrischen Kreisen um den Zylinder verlaufenden Stromlinien rechtwinklig zu der Parallelströmung in einem dem theoretischen Quertrieb entgegengesetzten Sinne

Das Strombild für die Potentialströmung um den sich in Parallelströmung drehenden Zylinder läßt sich an der

[3]) Lorenz a. a. O. S. 428.

[4]) „Die Anwendung der Erkenntnisse der Aerodynamik zum Windantrieb von Schiffen" „Werft, Reederei, Hafen" Bd. 5 (1923) S. 665.

Abb. 1. Linienblatt zum Aufzeichnen der Potentialströmung um einen sich in Parallelströmung drehenden Zylinder für ein beliebiges Verhältnis von $U : v_0$.

Abb. 2. Potentialströmung um einen sich in Parallelströmung drehenden Zylinder, gezeichnet für $U = 3{,}5\, v_0$.

Hand der Abb. 1, in der die Strombilder für reine Zirkulation und für Parallelströmung, und zwar für $u = v_0$ übereinandergezeichnet sind, leicht auf zeichnerischem Wege für ein beliebiges Verhältnis von $U : v_0$ ermitteln. Die durch das Übereinanderzeichnen der beiden Strombilder entstehenden Vierecke können als Geschwindigkeitsparallelogramme gelten und die resultierenden Stromlinien als Diagonale der Paralellogramme eingezeichnet werden.

Man benutzt nun Abb. 1 in der Weise als Linienblatt, daß man z. B. für das Verhältnis $U = n\, v_0$ nur jede $n$te Stromlinie berücksichtigt und die in der Diagonale eines Vierecks liegenden Punkte als Punkte der resultierenden Stromlinien verbindet. Die so erhaltenen Strombilder zeigen besonders bei größerem Verhältnis von $U : v_0$ ein von den bisher veröffentlichten Abbildungen[1]) abweichendes Aussehen insofern, als sich mit zunehmender Umfangsgeschwindigkeit wegen der erhöhten Zuwanderung von Flüssigkeit nach der Zylinderoberfläche mehr und mehr geschlossene Stromlinien um den Zylinder bilden.

Von einer Umströmgeschwindigkeit $U \geq 2\, v_0$ an wird die Stromlinie $\Psi = 0$ isoliert und ist auf die durch den Querschnitt des Zylinders gegebene Strominsel beschränkt. Abb. 2 ist auf die oben beschriebene Weise für das Verhältnis $U = 3{,}5\, v_0$ gezeichnet und zeigt schon eine größere Anzahl von geschlossenen Stromlinien. Bei $U = 4\, v_0$ wird für den in Abb. 3 gewählten Maßstab, nach dem durch eine Gasse von der Breite des Zylinderdurchmesser eine Flüssigkeitsmenge von $\Psi = 10$ des ungestörten Windes hindurchgehen würde, die Stromlinie $\Psi = 9$ noch in sich geschlossen.

[1]) Vergl. z. B. Abb. 29 in „Werft, Reederei, Hafen" Bd. 5 (1924) S. 646.

Abb. 3. Gebiet der in sich geschlossenen Stromlinien bei Potentialströmung um den Zylinder, gezeichnet für $U = 4\, v_0$.

6. Der Weg der Betrachtung, der von der reinen Zirkulationsströmung ausgeht und zu dieser eine vorerst geringe Parallelströmung hinzutreten läßt, führt zu einem weiteren von den Darlegungen von Dr. Betz wesentlich abweichenden Ergebnis.

Die Vertreter der Prandtlschen Grenzschichtlehre nehmen für den Quertrieb einen „theoretischen" Höchstwert an, der auf der Anschauung beruht, daß das Verhältnis der Umströmgeschwindigkeit U zur ungestörten Windgeschwindigkeit nicht über 2 hinausgehen könne, d. h. sie halten die Entstehung in sich geschlossener, den Zylinder umkreisender Stromlinien für unmöglich. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, daß die resultierende Strömgeschwindigkeit v im Sinne der Parallelströmung an der Stelle, wo die beiden sich überlagernden Strömungen einander entgegengesetzt gerichtet sind, nicht negativ werden könne, d. h. also: die Möglichkeit des Überganges zu reiner Zirkulationsströmung bei Aufhören des Windes wird von Dr. Betz verneint.

Ich halte nach Vorstehendem die Entstehung in sich geschlossener, den Zylinder umkreisender Stromlinien durch Überwinden der kritischen zirkulatorischen Umströmgeschwindigkeit $U = 2\, v_0$ durchaus für möglich.

Würde sich nur eine Umströmgeschwindigkeit $U = 2\, v_0$ im Höchstfall erreichen lassen, was nach der Göttinger Auffassung erst bei einer Umfangsgeschwindigkeit $u = 4\, v_0$ eintritt, so müßte bei einer größeren Umfangsgeschwindigkeit nach der Grenzschichtlehre die Möglichkeit aufhören, daß sich eine neue Grenzschicht ausbilde, und dieser Umstand müßte sich alsbald in einer wesentlichen Verringerung der Widerstandzahl c_w und in einem jähen Abfallen der Auftriebzahl c_a bemerkbar machen, da in wirklichen Flüssigkeiten kein Fortdauern der Zirkulation ohne Fortbestehen der als Impuls bezeichneten Ursachen möglich ist. Die veröffentlichten Versuchswerte lassen jedoch diese Art der Verminderung von c_w und c_a mit zunehmendem Werte von u nicht erkennen.

Wenn ein Fortdauern der Zirkulation bei $u > 4\, v$ ohne Vergrößerung von U doch für möglich gehalten würde, so könnte dies keine andere Ursache haben als die, welche ich als Ursache der Entstehung der Zirkulation gekennzeichnet habe.

Zur Begründung der Entstehung der Zirkulation wird in der angezogenen Abhandlung angenommen, daß diejenigen abgehenden Wirbel, die einen der Rotation des Zylinders entgegengesetzten Drehsinn haben, die andern überwiegen. Die Linien gleicher Strömgeschwindigkeit sowie die daraus abzuleitende Intensität der Scherkräfte in der Gegend der Entstehung der Wirbel scheinen mir gegen diese Auffassung zu sprechen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die überwiegende Wirbelung der abgehenden Wirbelzöpfe im Sinne der Zylinderdrehung die Zirkulation und damit den Quertrieb verringern. In Abb. 4 ist die relative Geschwindigkeit der Strömung $w = 2\, v_0 \sin \varphi$ gegenüber dem Zylinder über dem abgewickelten Umfang dargestellt.

Abb. 4. Relative Geschwindigkeit der Strömung $w = 2\, v_0 \sin \varphi$ gegenüber dem Zylinder, über dem abgewickelten Umfang dargestellt.

Ist w positiv, so wird der Zylinder von der Strömung überholt. Es können sich also auf diesem Bogen 0 bis π nur solche Grenzschichtwirbel ausbilden, die durch Abwandern die Zirkulation verringern. Ist w negativ, so läuft der Zylinder schneller als die Strömung. Ist dabei w mit dem Drehsinn des Zylinders gleichgerichtet, wie zum Beispiel auf dem Bogen π bis φ_1, und φ_2 bis 2π, so können dort keine Grenzschichtwirbel entstehen. Nur auf dem Bogen φ_1 bis φ_2, der stets kleiner ist als π, wird der Zylinder eine der Strömung entgegengesetzte Drehrichtung haben, wodurch dort solche Wirbel entstehen, die durch Abwandern die Zirkulation fördern könnten.

Aus dieser Betrachtung folgt, daß die Grenzschichtwirbel in jedem Stadium der Zirkulation diese eher beeinträchtigen als fördern, da ja die schädlichen Umstände die nützlichen überwiegen. Schon die Tatsache allein, daß Flüssigkeit aus der Nähe des Zylinders abwandert, vermindert die Zirkulation. Eine Darstellung, die die Meinung hervorrufen kann, als ob zum Entstehen der Zirkulation nur das Hindurchwandern von Wirbeln durch eine den Zylinder umschließende Linie notwendig wäre, verfehlt ihren Zweck.

8. Der in Wirklichkeit sich einstellende Höchstwert des Quertriebes, der nach meiner Auffassung bei der Potentialströmung keine obere Grenze hat, ist auf andere Ursachen zurückzuführen als die, die von den Vertretern der Grenzschichtlehre angegeben werden. Zu den unter 4. genannten Umständen, die das Zustandekommen des Beharrungszustandes beeinträchtigen, kommt noch folgendes: Der Abtrieb stellt sich dar als Resultierende aus der Mittelkraft der Drücke auf den von der wirbellosen Strömung umspülten Teil der Oberfläche des Zylinders und der Mittelkraft der Drücke auf den vom Totwasser berührten Teil der Oberfläche des Zylinders. Die beiden Mittelkräfte können für den Grenzfall eines großen Verhältnisses von $U : v_0$, wo das Totwasser sich im Drehsinn des Zylinders verschiebt, entgegengesetzt gerichtet sein und sich zum Teil aufheben[1]). Die Geschwindigkeitshöhe der Wirbelung, d. h. der Unterdruck im Totwasser wird sich als Funktion der Geschwindigkeit der Potentialströmung am Ansatzpunkt des Totwassers angeben lassen.

Wenn auch die Überlagerung zweier Geschwindigkeitsfelder streng genommen nur bei Potentialströmungen zulässig ist, so dürfen doch zur angenäherten Bestimmung der qualitativen und quantitativen Größenordnung der sich einstellenden Kräfte Annahmen gemacht werden, die sich aus der Potentialströmung herleiten lassen.

Macht man zu diesem Zwecke bestimmte Annahmen über

1. Lage und Größe des Umschlingungsbogens des Totwassers,
2. Druckverhältnisse im Kielwasser in Funktion der Geschwindigkeit am Ansatzpunkt des Kielwassers bei Potentialströmung,
3. Bestehen der Potentialströmung an der Oberfläche des Zylinders mit Ausnahme des Bereichs des Totwassers,

so erhält man durch Integration der Druckkomponenten in Richtung des Windes und senkrecht dazu Werte, die mit den veröffentlichten Versuchswerten recht gut übereinstimmen. Selbstverstänlich können solche Annahmen nur von gut eingerichteten Versuchsanstalten, denen die Erfahrung der Göttinger Versuchsanstalt zur Verfügung steht, geprüft werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Wenn auch die Entstehung des Auftriebes bei der Flettner-Walze nicht als die Folge der Vorgänge in der Grenzschicht angesehen werden kann, so finden doch die Abweichungen der sich in Wirklichkeit einstellenden Auftrieb- und Widerstandskräfte von den sich bei Potentialströmungen theoretisch ergebenden Drücken ihre Erklärung in der Prandtlschen Grenzschichttheorie. [B 41]

Bemerkung zu dem vorstehenden Aufsatz.

Herr Prof. Sandel hat im vorstehenden Aufsatz Anschauungen wiedergegeben, denen ich in verschiedenen Punkten nicht beistimmen kann. Es würde aber zu weit führen, an dieser Stelle auf alle diese Punkte einigermaßen erschöpfend einzugehen. Es wird sich vielleicht in einem ausführlichen Bericht über die zur Zeit noch im Gange befindlichen Untersuchungen Gelegenheit bieten, weitere Aufklärungen zu geben. Ich möchte hier nur auf einen Punkt näher eingehen, dessen Aufklärung beachtenswert sein dürfte, nämlich die Erscheinungen bei sehr großen $\frac{u}{v}$ (Verhältnis der Zylinderumfangsgeschwindigkeit zur Windgeschwindigkeit).

Wenn man einen Zylinder in einer erheblich zähen Flüssigkeit dreht, die ursprünglich ruht, so wird zunächst die der Zylinderoberfläche benachbarte Schicht mitgenommen und als Grenzschicht in Drehung versetzt ($\text{rot}\, w \neq 0$). Sie bildet den Übergang von der bewegten Zylinderoberfläche zur ruhenden Flüssigkeit weiter draußen. Allmählich wird durch die Zähigkeitswirkung immer mehr Flüssigkeit mitgenommen, die Grenzschicht wächst. Der Endzustand, der auf diese Weise erreicht wird, hat die Geschwindigkeitsverteilung eines Potentialwirbels entsprechend der von Prof. Sandel angegebenen Gleichung

$$\omega = \omega_0 \frac{r_0^2}{r^2}.$$

Um den Zylinder ist eine reine Zirkulationsströmung entstanden. Aber auch hier ist ein entsprechender Wirbel nach außen abgewandert: Die Grenzschicht besteht ja aus sich drehenden Flüssigkeitsteilchen, ist also ein Wirbel, und zwar mit einem Drehsinn, welcher der Zylinderdrehung entgegengesetzt ist. Bei ihrem Anwachsen verschieben sich nun die Gebiete, in denen $\text{rot}\, v \neq 0$ ist, weiter nach außen, so daß wir allmählich in immer größerer Entfernung Wirbel vorfinden. Diese Abwanderung des Wirbels geschieht in diesem Falle nicht durch ein radiales Abströmen der Flüssigkeit, sondern durch Übertragung der Drehung von den inneren Teilen auf die äußeren durch Zähigkeitswirkung. Der Vorgang ist ganz ähnlich wie bei der Wärmeübertragung. Denken wir uns etwa den Zylinder wärmer als die Flüssigkeit, so geht die Wärme zunächst an die benachbarten Teilchen über. Diese können nun entweder mit dem Flüssigkeitsstrom weggeführt werden (Konvektion), wenn aber die Flüssigkeit ruht, so fließt die Wärme nur durch Leitung nach außen ab. Ganz entsprechend kann die Wirbelstärke der Grenzschicht entweder hauptsächlich durch bewegte Flüssigkeit fortgeführt werden oder sich nur von Molekül zu Molekül ausbreiten. Der Vergleich mit der Wärmeleitung ist auch insofern günstig, als die Ausbreitungsgesetze dieselben sind.

Diese Verhältnisse wären verhältnismäßig einfach und auch rechnerisch zu verfolgen. Bei weitaus den meisten technisch vorkommenden Abmessungen, Geschwindigkeiten und Zähigkeiten findet der Vorgang aber gar nicht in der geschilderten Weise statt. Die Grenzschicht bleibt nicht laminar, wie bei dem geschilderten Vorgang vorausgesetzt wurde, sondern sie wird turbulent[2]). Und dann ist auch der Endzustand ein wesentlich anderer als der, welcher der Potentialströmung (obige Gleichung) entspricht. Die Geschwindigkeit nimmt nach außen hin wesentlich rascher ab als bei der Potentialströmung[3]), und damit ist auch die Zirkulation um so kleiner, je weiter außerhalb des Zylinders man sie mißt. Unmittelbar an der Zylinderoberfläche ist sie $u\, 2 r \pi$, wenn u die Umfangsgeschwindigkeit und r den Halbmesser des Zylinders bedeuten. Durch die in der turbulenten Grenzschicht vorhandenen Wirbel wird sie aber zum Teil ausgeglichen. Eine quantitative theoretische Behandlung dieser Erscheinung ist bei den bisherigen geringen Kenntnissen über turbulente Grenzschichten noch nicht möglich.

Überlagert man nun einer solchen reinen Zirkulationsströmung eine sehr kleine Translationsgeschwindigkeit, so wird sich höchst wahrscheinlich eine Strömung einstellen, bei der um den Zylinder noch geschlossene Stromlinien vorhanden sind entsprechend Abb. 2 und 3 in dem Aufsatz von Sandel. Ganz sicher ist das aber auch nicht, da möglicherweise diese Strömung nicht stabil sein könnte. (Ein Grund dafür ist mir allerdings nicht bekannt.) Es sind zur Zeit Untersuchungen vorbereitet, die u. a. auch diese Erscheinungen verfolgen sollen. So lange aber quantitativ nichts Näheres bekannt ist, hat man kaum

[1]) Die Abweichungen der sich in Wirklichkeit einstellenden Auftrieb- und Widerstandskräfte von den sich bei Potentialströmung theoretisch ergebenden Drücken bringen es auch mit sich, daß der Versuch, den Magnuseffekt zum Antrieb von Windrädern zu benutzen, zum Mißerfolg verurteilt ist. Die Abtriebkräfte ergeben keine nennenswerten Umfangskomponenten, einmal deshalb, weil der Quertrieb nicht senkrecht zur Windrichtung, sondern ziemlich windab gerichtet ist, zweitens weil nicht die absolute, sondern die relative Windrichtung in Frage kommt, wodurch die Richtung des Quertriebs noch ungünstiger wird.

[2]) Ueber diese Begriffe vergl. etwa v. Kármán, Ueber laminare und turbulente Reibung, ZAMM Bd. 1 (1921) S. 233.

[3]) Experimentell liegen Versuche von Riabouschinsky vor. Darnach ist die Geschwindigkeit im Abstand $2r$ von der Achse anstatt der halben Umfangsgeschwindigkeit nur etwa 1 15. (Bulletin de l'Institut aerodynamique de Koutchino, Fasc. V (1914) S. 35.)

einen Anhaltspunkt dafür, wie sich der Magnuseffekt bei so hohen Werten von u/v verhält.

Anders sind die Verhältnisse bei mäßig großem u/v, wie sie in meinem Aufsatz[1]) zugrunde lagen. Solange keine geschlossenen Stromlinien um den Zylinder vorhanden sind, überwiegen die durch Konvektion weggeführten Wirbel so stark über die durch Zähigkeitswirkung abwandernden (man vergl. die quantitativen Verhältnisse bei der Wärmeabführung durch Konvektion und Leitung), daß man die mit dieser zusammenhängenden Erscheinungen vernachlässigen kann. Der Vorgang ist fast ausschließlich durch die weggeführten Wirbel bestimmt. Sobald aber die geschlossenen Stromlinien vorliegen, fällt der Einfluß der mit der Strömung weggeführten Wirbel fast ganz fort und der Vorgang wird hauptsächlich nur noch durch die Wirbelübertragung, die der reinen Wärmeleitung entspricht, bestimmt. Die Gesetze über den Zusammenhang zwischen der Zirkulation und der Umfangsgeschwindigkeit des Zylinders dürften in beiden Fällen wesentlich verschieden sein, da ja die physikalischen Grundlagen, von denen sie abhängen, ganz verschieden sind. Ob die beiden Gesetze unstetig aufeinanderfolgen oder mehr oder weniger ineinander übergehen, läßt sich heute noch nicht sagen.

Göttingen. [B 41] Dipl.-Ing. Dr. Betz.

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 9

Die Erprobung des Walzensegelschiffes „Buckau“.

Die Fried. Krupp-Germaniawerft, A.-G., hat zahlreiche Sonderschiffe, vor allem solche mit Dieselmotorantrieb, ausgebildet und sich dadurch Weltruf erworben. Nach dem Kriege hat diese Werft mit Rücksicht auf die allgemeine Lage Motorsegler verschiedener Größe herausgebracht. Es lag daher für A. Flettner nahe, mit der Germaniawerft zusammenzuarbeiten, als er die beim Magnuseffekt auftretenden hohen Auftriebwerte für den Schiffsantrieb ausnutzen wollte. Die einschlägigen Versuche im großen wurden mit dem Motorsegler „Buckau“ vorgenommen. Dieses Schiff wurde 1920 von der Germaniawerft gebaut; es ist dann in den Besitz der Hamburger Reederei Dönitz, Witt & Co. (jetzt hanseatische Motorschiffahrt-A.-G.) übergegangen, die das Schiff der Bauwerft zum Umbau in ein Walzenschiff zur Verfügung gestellt hat. Das Schiff hat 45 m Länge, 8,99 m Breite, 4,1 m Seitenhöhe, 3.84 m Tiefgang und 623 t Tragfähigkeit. Die Segelfläche hatte 883 m² Flächeninhalt. Die projizierte Fläche der beiden Segelwalzen beträgt demgegenüber nur $2 \times 2{,}8 \times 15{,}6 = 87$ m². Der Hilfsmotor mit Wendeschraube leistet bis zu 160 PS_e, womit im beladenen Zustand 7,5 Kn Geschwindigkeit erreicht werden. Das Gewicht der gesamten ausgebauten Takelage betrug 35 t gegen 37,5 t der gesamten Walzenanlage. Mit dem Schiffe sind zahlreiche Probefahrten ausgeführt worden, die sich bei der großen Anzahl der Veränderlichen (Motorleistung, Schiffsgeschwindigkeit, Leistung der Walzen, Motoren, Windstärke, Windrichtung, Seegang, Umlaufgeschwindigkeit der Walzen) natürlich nur schwer übersehen lassen. Wir haben daher aus dem uns von Herrn Dipl.-Ing. M. Tradt, Schiffbaudirektor der Fried. Grupp - Germaniawerft, freundlich zur Verfügung gestellten Fahrtbericht[1]) einige Fahrten herausgegriffen und zeichnerisch aufgetragen, Abb. 1. Die Kurve a gibt die mittlere aufgewandte Maschinenleistung des Hilfsmotors bei stillstehenden Walzen an, und zwar ist die Kurve in üblicher Weise gefunden, indem das Mittel aus den bei Hin- und Rückfahrt über die Meile gemessenen Werten genommen wurde. Hiernach ergibt sich, daß die „Buckau“ allein mit dem Hilfsmotor bei 64 PS_e Motorleistung 5 Kn, bei 90 PS_e 6 Kn, bei 126 PS_e 7 Kn und bei 165 PS_e 8 Kn erreicht hat. Die Verdrängung im Probefahrtzustand betrug 778 t.

Werden die Walzen zu Hilfe genommen, so erhöht sich die Geschwindigkeit, so daß man mit geringerer Motorleistung eine höhere Geschwindigkeit erreichen kann. Der Geschwindigkeitsgewinn durch die Walzen hängt natürlich von verschiedenen Umständen ab (Windstärke, Windrichtung, Seegang, Ruderbedienung, Verhältnis der Walzen-Umfangsgeschwindigkeit zur Schiffsgeschwindigkeit). Wir wollen annehmen, daß man auch für die Fahrten mit Hilfsmotor und umlaufenden Walzen für einen vorläufigen Überblick ausreichend genaue Mittelwerte erhält, wenn man das Mittel aus den Meßergebnissen bei Hin- und Rückfahrt bildet, Abb. 1 Kurve b. Hierbei ist als Maschinenleistung die Summe aus der Leistung des Hilfsmotors und der Leistung der Walzen-Antriebmotoren aufgetragen. Aus den Kurven a und b lassen sich nun der mittlere Geschwindigkeitsgewinn und der mittlere Leistungsgewinn entnehmen. An Geschwindigkeit wird bei gleicher aufgewandter Leistung im Mittel bei 6 Kn Geschwindigkeit ohne Walzen 1,6 Kn gewonnen, so daß mit Walzen 7,6 Kn im Mittel bei etwa 7 m/s Windgeschwindigkeit erreicht werden. Die entsprechenden Werte bei 8 Kn sind 1 Kn und 9 Kn. In einzelnen Fällen erreicht der Geschwindigkeitsgewinn das Doppelte bis Dreifache der genannten Beträge. Der Leistungsgewinn beträgt bei 8 Kn nach Abb. 1 rd. 50 PS oder rd. ⅓ der Leistung, die bei der Fahrt mit dem Hilfsmotor allein bei 8 Kn im Mittel erforderlich war.

Ähnlich schwierig wie die Fahrten mit Hilfsmotor und umlaufenden Walzen sind die mit Walzen allein bei verschiedener Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Schiffsgeschwindigkeit und Walzen-Umlaufgeschwindigkeit zu übersehen. Für eine rohe Darstellung der Versuchsergebnisse mag die Gleichung

$$v = k \sin a \sqrt{w_s u}$$

genügen, in der v die Schiffsgeschwindigkeit, w_s die scheinbare Windgeschwindigkeit und u die Umlaufgeschwindigkeit der Walzen, sämtlich gemessen in Metern in der Sekunde und a den Winkel der Windrichtung zur Längsachse des Schiffes, gemessen vom Bug, bedeuten. k schwankt bei den gemessenen Geschwindigkeiten zwischen 0,23 und 0,4 und liegt im Mittel bei 0,32, wenn alle Geschwindigkeiten in m/s gemessen werden. Die große Unsicherheit darf nicht verwundern, da eine so einfache Gleichung unmöglich alle die Einflüsse auf das Meßergebnis wiedergeben kann, die bei Wind und Wetter auftreten.

[1]) s. a. „Werft, Reederei und Hafen“ Bd. 6 (1925) S. 160

Leistung PS_e 200 150 100 50 — 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Kn Schiffsgeschwindigkeit

a aufgewandte Leistung bei Fahrt mit Hilfsmotor
b „ „ „ „ „ „ und Walzen

Abb. 1. Probefahrtergebnisse des Walzensegelschiffes „Buckau“

Mit den Walzen allein wurden bis zu 8 Kn Geschwindigkeit erreicht, wozu bis zu 36 PS Gesamtleistung der Walzenmotoren erforderlich waren. Diese Leistung N wächst bei der „Buckau“ etwa nach der Gleichung

$$N = 0{,}15\, u^{1,5} + 1$$

für einen Motor. Die Nutzleistung N_n der Motoren durch Ausnutzung des Windes läßt sich mit Hilfe der Kurve a in Abb. 1 roh abschätzen, wenn man beachtet, daß durch diese Leistung der Schiffswiderstand überwunden wird. Es liegt erfahrungsgemäß der Wirkungsgrad $\frac{N_n}{N_e}$ bei Schraubenschiffen im allgemeinen bei 0,6. Damit erhält man die für 6 Kn erforderliche Leistung zu etwa 54 S_e, die für 7 Kn zu etwa 75 PS_e und die für 8 Kn zu etwa 100 PS_e. Mit diesen Angaben stimmt die Kurve b in Abb. 1, die einen mittleren Leistungsgewinn von 50 PS_e bei 8 Kn erkennen läßt, ausreichend überein, da sie aus Versuchspunkten gewonnen ist, die z. T. den doppelten Leistungsgewinn erkennen lassen.

Die Leistung der Walzenmotoren verhält sich bei 8 Kn und günstigen Windgeschwindigkeiten zu der aus dem Winde herausgeholten Leistung etwa wie 1 : 3. Da es sich bei dem Walzenantrieb der „Buckau“ um eine Erstausführung handelt, dürfte sich dieses Verhältnis noch verbessern lassen. Über die Wirtschaftlichkeit der „Buckau“ ist an verschiedenen Stellen geschrieben worden[2]), wobei voll anerkannt wird, daß die Flettnerwalzen für den Antrieb von Schiffen geeignet sind. Hinsichtlich der überragenden Wirtschaftlichkeit von Walzenschiffen gegenüber andern Schiffen, die früher hervorgehoben wurde, bestehen jedoch noch Bedenken. Die Bedenken gegen die Standfestigkeit der Walzen bei Seegang und Seeschlag waren, wie die bisherigen Erprobungen gelehrt haben, unbegründet. [M 463] Dr. W. S.

[2]) s. Schiffahrt-Zeitung vom 14. März 1925 S. 9, „Hansa“, deutsche nautische Zeitschrift, Bd. 62 (1925) S. 443.

RUNDSCHAU.

Wasserkraftanlagen.

Gründung einer neuen Forschungsanstalt für Wasserkraft.

In der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft hielt im Dezember 1924 Oskar v. Miller einen Vortrag: „Die Ausnutzung der Wasserkräfte"[1]), dem wir die folgenden wichtigen Ausführungen entnehmen.

Aufgaben der Wasserkraftforschung.

Die Fortschritte, die bisher in der Ausnutzung von Wasserkräften gemacht wurden, sind gewaltig, aber noch sind nicht alle Aufgaben gelöst, die für eine möglichst vollkommene und wirtschaftliche Ausbeutung in Betracht kommen.

Schon die Bestimmung der ausnutzbaren Wassermenge bedarf noch einer gründlichen, sowohl praktischen als auch wissenschaftlichen Erforschung. Einerseits ist es notwendig, die Niederschlag- und Abflußverhältnisse in den Hochbezirken einer eingehenderen Erforschung zu unterziehen, als dies bisher der Fall war, anderseits müssen auch die Zusammenhänge zwischen den Schneemengen und der Schneeschmelze eingehend studiert werden, weil hierdurch wichtige Grundlagen für die Bewirtschaftung der neuzeitlichen großen Speicheranlagen zu erhalten sind. Auch die Verdunstung des Wassers der Seen und die Frage der Versickerung an Flußläufen, künstlichen Gerinnen usw. bedürfen eines eingehenderen Studiums als bisher, weil auch diese Vorgänge auf die künftige Bewirtschaftung der Speicheranlagen von großem Einfluß sind.

Trotz zahlreicher Verbesserungen in der Pegelbeobachtung bildet die genaue Bestimmung der veränderlichen Wasserführung in einem natürlichen Flußbett noch eine schwierige Aufgabe. Die Schwierigkeiten beruhen darauf, daß sich die einem bestimmten Pegelstand entsprechenden Wassermengen in verhältnismäßig kurzen Zeitabschnitten ändern und wiederholt festgestellt werden müssen und daß bisher Meßgeräte und -verfahren fehlen, die ein wesentlich rascheres Arbeiten gestatten.

Eine weitere überaus wichtige Frage bildet die Geschiebeführung der Flüsse, die oft durch Einbau von Wehren, Talsperren und dergl. verändert wird. Es besteht die Gefahr, daß bei unsachgemäß ausgeführten Anlagen sich die mit großem Kostenaufwand angelegten Stauseen in rascher Zeit durch Ablagerung von Geschiebe wieder anfüllen, daß sich in den Flußstrecken oberhalb der Wehre unerwünschte Auffüllungen bilden, während unterhalb der Wehre Vertiefungen entstehen, weil die früher gleichmäßig fortgleitenden Geschiebe zurückgehalten werden.

Eine vollkommen klare Erkenntnis der Abhängigkeit der Geschiebeführung von der Flußenergie, deren Beeinflussung durch den Wasserkraftausbau und die zweckmäßigen Vorkehrungen zum Vermeiden unerwünschter Störungen bilden einen überaus wichtigen Gegenstand der neuzeitlichen Wasserkraftforschung.

Für die Einbauten selbst ist die Frage der Kolkbildung und der Energievernichtung in Tosbecken von größter Wichtigkeit, da die richtige Lösung dieser Fragen, die Herstellungs- und Unterhaltungskosten der Anlagen und ihre Lebensdauer wesentlich zu beeinflussen vermag. Nicht minder wichtig sind die Fragen der Wasserableitung. Zunächst sind die verschiedenen Absperrvorrichtungen, wie Schützen, Schieber, Klappen usw. in bezug auf ihre Dichtigkeit einer dauernden Beobachtung zu unterwerfen, damit Wasserverluste an diesen Teilen möglichst vermieden werden können.

In den Zuleitungskanälen treten sowohl Wasserverluste als auch Gefällverluste durch Reibung auf, und eine der wichtigsten Aufgaben ist, durch Beobachtungen und Versuche festzustellen, welche Art der Kanalgestaltung und welche Art der Sohlen- und Böschungsbefestigung zum Erzielen möglichst geringer Wasser- und Arbeitsverluste am besten ist. Hierbei sind die Untersuchungen über die Wirkung von Pflanzenwucherungen, von Schlammablagerungen und dergl. einerseits und anderseits die Wirkungen der Eisbildung von größter Wichtigkeit.

Bisher noch wenig geprüft, aber von großer Bedeutung für die Anlage der Wasserkräfte ist die Feststellung der Grundwasserstände und die Bodendurchlässigkeit im Bereich von Stau- und Leerstrecken der Flüsse und Werkkanäle; denn die Ergebnisse dieser Prüfung sind nicht nur für die Wasserkraftanlagen, sondern vor allem auch für die Bodenkultur von großer Wichtigkeit.

Bezüglich der eigentlichen Wasserkraftmaschinen ist die planmäßige Untersuchung wichtiger Einzelfragen erforderlich, die je nach dem Stande der Technik wechseln, die aber dem Forscher immer neue und umfangreiche Aufgaben stellen. Um nur einige davon zu erwähnen, ist zur Zeit die Untersuchung der Strömung des Wassers in den Turbinenlaufrädern besonders dringend. Die Lösung dieser Aufgabe erfordert weitgehende Hilfsmittel, da die Beobachtung vom Innern der Turbine aus erfolgen muß. Gegebenenfalls sind die Strömungserscheinungen stroboskopisch aufzunehmen. Besonders wichtig ist zur Zeit auch die Untersuchung der sogen. Kavitations- oder Unterdruckerscheinungen, die bei Verbindung der neuen raschlaufenden Flügelräder mit den üblichen Saugrohren auftreten.

Das den Turbinen zufließende Wasser enthält vielfach chemische und mechanische Beimengungen, die den Maschinen gefährlich werden; es ist daher eingehend zu prüfen, wieweit die verschiedenen Werkstoffe diesen Angriffen widerstehen können.

Die bestehenden Forschungsanstalten.

An den eingehenden Untersuchungen über alle diese Fragen sind seit einer Reihe von Jahren die technischen Hochschulen mit ihren Flußbau- und Wasserkraft-Laboratorien, die Fabriken von Wasserkraftmaschinen mit ihren eigenen Versuchsanstalten und die staatlichen Ämter beteiligt, die sich in Preußen, Sachsen, Bayern und andern Ländern seit einer Reihe von Jahren mit der planmäßigen Erforschung der verschiedenen Aufgaben des Wasserbaues befassen.

Besonders zweckmäßig ausgebaute Hochschullaboratorien besitzen die Technischen Hochschulen in Karlsruhe, Darmstadt, Hannover, Berlin, Dresden, München, Wien usw., und neuerdings soll auch das aerodynamische Institut in Göttingen durch eine hydrodynamische Versuchsanstalt ergänzt werden. Die genannten Laboratorien der Hochschulen gliedern sich nach zwei Richtungen. Sie umfassen einerseits das Studium der flußbautechnischen Fragen, die namentlich in Karlsruhe, Dresden und Wien gepflegt werden, und anderseits das Studium der Wasserkraftmaschinen, wofür hauptsächlich in Darmstadt, München und Berlin umfangreiche Versuchsanlagen geschaffen sind.

Die Laboratorien der Technischen Hochschulen sind im wesentlichen für Unterrichtzwecke eingerichtet und haben als solche in erster Linie die Aufgabe, den Studierenden die Nachprüfung der wissenschaftlichen Gesetze an der Hand von Modellversuchen zu ermöglichen und sie zur selbständigen Vornahme der in der Praxis vorkommenden Beobachtungen und Versuche heranzubilden.

Die Einrichtungen der Hochschulen für Forschungszwecke sind beschränkt. Es stehen ihnen in der Regel weder große Wassermengen noch hohe Gefälle für die Durchführung von Dauerversuchen zur Verfügung. Auch Dauerversuche, die zur Bestimmung der Witterungseinflüsse nur im freien Gelände durchgeführt werden können, vermögen die Hochschulen nur schwer auszuführen. Dagegen können die Hochschulen ganze Reihen von Modellversuchen sowohl auf dem Gebiete des Flußbaues als auch auf dem der Wasserkraftmaschinen in verhältnismäßig kurzer Zeit durchführen.

Unter den Versuchsanstalten der Turbinenfabriken sind diejenigen von J. M. Voith in Heidenheim, von Escher Wyß & Cie. in Zürich und Briegleb, Hansen & Co. (jetzt MAN) in Gotha hervorzuheben. Diese Versuchseinrichtungen dienen naturgemäß in erster Linie den besonderen Zwecken der Firmen. Sie sind deshalb auf Versuche abgestellt, die zur Prüfung und zur Verbesserung der eigenen Turbinen dienen. Auch bei diesen Fabriklaboratorien sind die Versuchsmöglichkeiten beschränkt durch die zur Verfügung stehenden natürlichen Mittel der Wassermenge und des Gefälles. Wenn auch mittels Pumpenanlagen Hochgefälle künstlich hergestellt werden können, so genügen diese doch nicht für Dauerversuche, weil der Betrieb solcher Anlagen in großem Maßstabe zu kostspielig wäre.

Die staatlichen Flußbauämter sind in ihren Angaben auf einfache Beobachtungen von Wasserständen und dergl. beschränkt. Es fehlt ihnen jedoch gewöhnlich eine Oberleitung, die ihre Tätigkeit für wissenschaftliche Aufgaben auszunutzen weiß.

Unter diesen Umständen entstand die Frage, ob nicht ein

neues großes Forschungsinstitut für Wasserkraft und Wasserbau

geschaffen werden sollte, dessen Forschungsaufgaben nicht beeinträchtigt wären durch beondere Zwecke der Lehrtätigkeit, der Fabrikation sowie der staatlichen Wasserpolizei und dem ohne wirtschaftliche Beschränkung große Wassermengen und große Gefälle zur Verfügung stehen würden.

Selbstverständlich wäre ein solches Institut nicht als in Wettbewerb mit den vorhandenen Anstalten stehend, sondern lediglich als eine Ergänzung für sie aufzufassen. Es würde mit den Laboratorien der Technischen Hochschulen eine dauernde Verbindung herzustellen haben, indem eine große Zahl von Versuchen in den Modellanstalten der Hochschulen vorbereitet und sodann in größeren Abmessungen in der Versuchsanstalt überprüft und weiter ausgebildet würde. Es müßte auch mit den Firmen für Wasserbau und Wasserkraftmaschinen in Verbindung stehen, um von diesen Anregungen und Versuchsmaterial zu erhalten. Es würde mit den staatlichen Ämtern in Beziehung treten, deren beobachtende und sammelnde Tätigkeit es für bestimmte Forschungszwecke verwerten würde.

Wenn das Bedürfnis nach einer solchen Versuchsanstalt bejaht werden sollte, so würde sie wohl am zweckmäßigsten in

[1]) s. „Naturwissenschaften" Bd 13 Heft 10 vom 6. März 1925.

Bayern, als dem wasserkraftreichsten Lande Deutschlands, in dem schon bisher auf praktischem Gebiete große Vorarbeiten geleistet wurden, zu errichten sein.

Eine besonders günstige Lage der Versuchsanstalt wäre die Gegend des Walchenseewerkes. Neben den großen und mannigfaltigen Bau- und Maschinenanlagen dieses Kraftwerkes würde auch die Natur eine Fülle der verschiedenartigsten Versuchsbedingungen und Versuchsobjekte liefern.

Die bei Schilderung der Aufgaben als besonders wichtig erwähnte Erforschung der Niederschlagverhältnisse in den Hochbezirken ist in der Umgebung des Walchenseewerkes, in der die höchsten Gebirgsmassive Deutschlands vorhanden sind, leicht vorzubereiten, und die Abhängigkeit der Wasserführung von den Witterungs- und Schneeverhältnissen kann hier am besten studiert werden.

Die Feststellung über Verdunstung an der Oberfläche der Seen kann an den großen Flächen des Walchensees und des Kochelsees beobachtet werden, eine Ergänzung der Beobachtungen ist an den übrigen bayerischen Seen, dem Starnbergersee, dem Ammersee, dem Chiemsee usw. leicht zu beschaffen. Die Erscheinungen der Versickerung können sowohl an den zahlreichen natürlichen Wasserläufen wie auch an den regulierten Flußstrecken und Kanälen des Walchenseewerkes studiert werden. Bezüglich der Geschiebeführung der Flüsse bilden sowohl die Isar als auch der Oberlauf der Loisach wertvolle Versuchstrecken. Die Veränderungen der Geschiebeführung durch künstliche Einbauten ist an der Leerstrecke der Isar zwischen Krün und dem Riesbach zu beobachten. Zahlreiche Beobachtungen an den Einbauten selbst sind möglich am Isarwehr bei Krün, am Einlaufbauwerk bei Urfeld, an den Anschlußbauten des Kochelsees usw.

Die Studien über Wasserverluste an den Absperrvorrichtungen und über Wasserverluste und Arbeitsverluste in den künstlich angelegten Kanälen, Stollen usw. können ebenfalls an den ausgedehnten Bauanlagen des Walchenseewerkes ständig durchgeführt werden. Bei all diesen Beobachtungen und Untersuchungen würden selbstverständlich nicht nur die zunächst liegenden Flüsse, Wasserbauten, Wehre und Kanäle, sondern auch die zahlreichen übrigen Flüsse des bayerischen Hochlandes und die an ihnen vorhandenen Bauten usw. dienen. Hier sind es die bereits ausgeführten und noch auszuführenden Stauanlagen am Saalachwerk, am Leitzachwerk, am Lech, an der Iller usw., die zahlreichen Wehre an der Isar, am Inn, an der Alz, am Lech usw., die großartigen Kanalbauten der „Mittleren Isar“, der Alzwerke, der Innwerke, die eine Fülle des wertvollsten Beobachtungsmaterials in sich schließen.

Die Untersuchungen über Spiegelschwankungen in Wasserschlössern und Kanälen können nicht nur an dem überaus stark beanspruchten Wasserschloß des Walchenseewerkes, sondern auch an den Wasserschlössern der übrigen Kraftwerke und in einem besonders wichtigen Beispiel an den Kanalanlagen der Mittleren Isar, die mit sehr verschieden hohen Wasserspiegeln arbeiten wird, vorgenommen werden.

Der Walchensee wird durch den Betrieb des Walchenseekraftwerkes fast alljährlich bis zu etwa 5 m abgesenkt; deshalb ist hier Gelegenheit geboten, den Einfluß dieser Absenkung auf die verschiedenen teils felsigen, teils angeschwemmten Uferpartien zu studieren. Die Loisach wird über ihre normale Wasserführung hinaus durch den Betrieb des Walchenseewerkes mit einer wesentlich erhöhten Wassermenge belastet, sie ist zu diesem Zwecke reguliert worden, und es wird von großem Interesse sein, den Einfluß der vermehrten Wasserführung auf die anliegenden Kulturflächen zu beobachten.

Bieten in dieser Weise die Naturanlagen in der näheren und weiteren Umgebung des Walchenseewerkes und die Wasserkraftbauten dieser und der weiteren bayerischen Anlagen Versuchsgegenstände ersten Ranges, so sind daneben sehr leicht besondere Einrichtungen für die Durchführung groß angelegter Versuche möglich.

Die Vorstufe des Walchenseewerkes im Obernachtal mit einem Gefälle von 60 m ist noch nicht ausgebaut. Es ist möglich, Versuchseinrichtungen großen Stiles mit dieser Anlage unmittelbar zu verbinden, Abb. 1 bis 5. Im Obernachtal läßt sich eine mehrere hundert Meter lange Meßstrecke einbauen, die nicht nur zur Erprobung aller Arten von Wassermeßverfahren zu benutzen sein, sondern auch Gelegenheit zum Einbau der verschiedenartigsten Kanalprofile mit den verschiedenen Auskleidungen geben würde.

Gleichlaufend mit dieser Meßstrecke könnte das Wildbett der Obernach für Dauerversuche über Geschiebeführungen, über die Bewährung von Wildbachverbauungen usw. dienen. Wertvoll ist hierbei, daß man durch Umschalten der Wassermengen aus dem Wildbett in die Meßstrecke und umgekehrt künstliche Niedrigwasser- und Hochwasserstände mit genau festgelegter Wasserführung in der Versuchsstrecke herbeiführen kann, wodurch rechnerische Grundlagen für die Beeinflussung der Geschiebeführung leicht zu gewinnen sind.

In Verbindung mit der Meßstrecke und dem Wildbett sind Prüfungen von Baustoffen aller Art möglich, wobei die schnee- und frostreichen Winter im Walchenseegebiet eine wertvolle Unterstützung in bezug auf schwierige Beanspruchungsverhältnisse bieten.

Für die Studien, die an den eigentlichen Wasserkraftmaschinen vorzunehmen sind, bietet das Walchenseewerk an sich eine Aus-

Abb. 1 bis 5. Entwurf eines Forschungsinstitutes für Wasserkraft und Wasserbau am Walchensee.

Abb. 1 und 2. Übersichtsplan.

Abb. 3 bis 5. Versuchstätten für besondere Aufgaben.

wahl von zwei verschiedenen Turbinenbauarten größter Leistung, die mit dem selten vorkommenden Gefälle von 200 m arbeiten. Dazu kommen die künftigen Turbinen des Obernachwerkes mit einem Gefälle von 60 m, ferner die Versuchsturbinen, die ständig wechselnd in einem besonderen Anbau an das Obernachkraftwerk aufgestellt werden können und für die Niederdruckgefälle zwischen 1 und 10 m und Hochdruckgefälle von 60 und von 120 m durch einen Hochbehälter sowie beliebige andre Gefälle durch Pumpanlagen zur Verfügung gestellt werden können, während gleichzeitig Wassermengen bis zu 10 m³/s bereitstehen.

Der große Vorteil, den insbesondre die Turbinenversuchsanlage an dieser Stelle haben würde, besteht darin, daß eine vorübergehende Ausschaltung der Betriebsanlage zum Umschalten des Wassers für Versuchszwecke jederzeit möglich ist, weil infolge des Walchenseebeckens die Hauptstufe den Ausfall der Obernachstufe ohne weiteres nicht nur auf Stunden, sondern auch auf Tage und Wochen auszugleichen vermag.

Es ist selbstverständlich, daß in der mit dem Obernachkraftwerk verbundenen Versuchsanstalt die normale Prüfung der Leistung, des Wirkungsgrades, der Regulierfähigkeit von Maschinen sehr gut durchgeführt werden können. Neben diesen Prüfungen sollen aber insbesondere neue Fragen erforscht werden, wofür besondre Einrichtungen nötig sind, die sich je nach den beabsichtigten Zwecken entsprechend ändern.

In Abb. 4 und 5 sind zunächst zwei Vorschläge von Prof. Dr.-Ing. Thoma eingezeichnet, deren eine sich auf die besonders wichtigen und in den Hochschullaboratorien kaum durchführbaren Versuche über Strömungserscheinungen innerhalb der Turbinen bezieht, wobei die Turbine so gelagert wird, daß in ihrem Hohlraum ein Beobachter durch Fenster die Wasserströmung unmittelbar wahrzunehmen vermag.

Eine zweite Versuchsanordnung bezieht sich auf die Erforschung des neuerdings erkannten großen Einflusses der Saugrohrgestaltung. Hierfür wird an einer Versuchsturbine ein bis zu 10 m langes Saugrohr angeschlossen, derart, daß man durch Regelung des Unterwasserspiegels beliebige Saugrohrhöhen erreichen und durch Anordnung verschiedener Entlüfteinrichtungen, Ejektoren u. dgl. die Wirkung dieser Einrichtungen studieren kann.

Wichtige Vorarbeiten für die Errichtung einer solchen Versuchsanstalt sind bereits geleistet worden. Besprechungen mit Vertretern der Behörden, der Elektrizitätswerke und Hochschule haben ergeben, daß die bayerische Staatsregierung ein derartiges Institut in jeder Weise fördern würde, und die übrigen Kreise zur Mitarbeit bereit seien. Es ist sodann ein engerer Ausschuß gebildet worden, dem als Vertreter der bayerischen Staatsregierung die Ministerialräte Schneider und Holler, als Vertreter des Walchenseewerkes Direktor Menge und Oberregierungsrat Bürner und als Vertreter der Technischen Hochschule die Professoren Dantscher und Thoma angehören, während an die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft die Bitte gerichtet wurde, Prof. Prandtl und Dr. Glum abzuordnen. Dieser engere Ausschuß soll die Vorarbeiten für die Forschungsanstalten, insbesondere die Entwürfe für die baulichen, maschinellen und wissenschaftlichen Einrichtungen ausarbeiten. Mit der Zusammenfassung der zu erledigenden Arbeiten, der Organisation usw. wurde das Ingenieurbureau Oskar v. Miller betraut.

Die Durchführbarkeit des Forschungsinstitutes für Wasserbau und Wasserkraft am Walchensee ist als erwiesen anzusehen, und für die weitere Förderung des Planes wird auch mit Hilfe der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft gerechnet, zumal kein Zweifel über die große wissenschaftliche Bedeutung des Unternehmens bestehen dürfte. [M 190[

Elektrische Schweißung von Schiffen.

Berichtigung. Wir werden darauf aufmerksam gemacht, daß die in Z. Bd. 69 (1925) S. 605 beschriebenen geschweißten Schuten nicht von den Deutschen Werken, sondern von der **Deutschen Werft,** A.-G., Hamburg, hergestellt sind. [N 555]

Aus dem Ausland.

Maschinenteile.

Hohlkugeln aus Blechstreifen und Rohren.

Für bestimmte Zwecke erscheint es angebracht, anstatt der Vollkugeln, die man bisher verwandt hat, Hohlkugeln aus demselben Stoff zu benutzen, wenn die Herstellung so gelingt, daß sie in nahezu allen Fällen anstatt der Vollkugeln verwandt werden können. Die Vorteile für Verwendung von Hohlkugeln sind dann offenbar. Da sie weniger als die Hälfte von Vollkugeln gleicher Größe wiegen, werden Beanspruchungen durch Gewicht, Fliehkraft usw. erheblich vermindert, ebenso wie die innern Spannungen, die sich bei Vollkugeln fast nie vermeiden lassen.

Die Hollow Ball Co, Inc., Baltimore, hat sich kürzlich ein Verfahren patentieren lassen, wonach sie Hohlkugeln, die durchschnittlich weniger als 40 vH gegenüber Vollkugeln gleicher Größe und gleichen Stoffes wiegen, auf kaltem Wege aus Blechstreifen oder nahtlosen Rohren herstellt.

Gegenwärtig arbeitet die Gesellschaft an der Herstellung von Hohlkugeln aus Messing, Kupfer, Monelmetall, Aluminium und andern Nichteisenmetallen in Größen von 6,5 bis 90 mm Dmr. Die kleineren Kugeln werden aus Blech, die größeren aus Rohren hergestellt. Die Wanddicken betragen 8 bis 10 vH des Durchmessers. Auf Gleichmäßigkeit der Wanddicken wird dabei besonderes Gewicht gelegt. Die fertige Kugel hat weniger als 0,025 mm Abweichung vom Außendurchmesser. Die wissenschaftliche Untersuchung der Herstellung von Hohlkugeln aus Stahl für Kugellager ist im Gang, und es ist zu erwarten, daß Hohlkugeln von diesem Stoff schon in der nächsten Zeit auf den Markt kommen werden.

Die Arbeitsgänge bei der Herstellung dieser Kugeln aus Blech sind aus Abb. 6 ersichtlich. Die Blechstreifen werden ausgeglüht. Das Blech wird selbsttätig einer Presse zugeführt, die es ausstanzt und in Napfform zieht (Abb. 6 *a* und *b*). Dann wird der Napf weiter auf Pressen ausgezogen (Abb. 6 *c*), wonach die Außenkante in einer Sondermaschine, die mit selbsttätigem Zubringer Auswerfer versehen ist, glatt geschnitten wird. Um die durch das Ziehen entstandenen Spannungen herauszubringen, werden die Stücke in einem ständig umlaufenden Gasofen ausgeglüht. Danach kommen sie in eine Presse, auf der sie zugespitzt werden, wobei sie eine mehr oder weniger ovale Form erhalten mit einer Öffnung auf der einen Seite (Abb. 6 *d*). Eine andre Presse, die ebenfalls selbsttätig gespeist wird, wird verwandt, um die Teile rund zu drücken (Abb. 6 *e*). Nach diesem Arbeitsgang werden sie noch einmal ausgeglüht.

Der nächste Arbeitsgang, der das Loch zu schließen hat, Abb. 6*f*, ist der wichtigste, weil von ihm der Erfolg des ganzen Verfahrens abhängt. Hierbei wird eine Walze besonderer Konstruktion verwandt. Die Maschine hat zwei bewegliche Stahlplatten oder Scheiben, Abb. 8, die an zwei verschiedenen wagerecht liegenden Wellen befestigt sind. Die eine Scheibe wird gedreht, während die andere fest steht. Die umlaufende Scheibe wird durch Welle und Zahnrad angetrieben. Von ausschlaggebender Bedeutung sind die auf den Scheiben eingedrehten konzentrischen Nuten, Abb. 8 von deren genauer Form und Lage zueinander das Schließen des Loches und die genaue Kugelform der Körper abhängt. Die Maschine ist mit einer sinnreichen Vorrichtung versehen, um die Kugeln in die Nuten gelangen zu lassen. Auf der sich drehenden Platte ist ein Stück ausgeschnitten (in Abb. 8 nicht gezeigt), und es sind Führungsfinger auf ihr angebracht, die bewirken, daß die Kugeln von innen nach außen alle Nuten durchlaufen.

Abb. 6. Herstellung aus Blech.

Abb. 7. Herstellung aus Rohren.
Abb. 6 und 7. Herstellung von Hohlkugeln.

Abb. 8. Stahlscheibe mit Nuten zum Zuwalzen des Loches.

Beim Ingangsetzen der Maschine wird die Zubringervorrichtung mit Kugeln von der Form gefüllt, wie sie bei *e* in Abb. 6 zu sehen ist, und deren Löcher geschlossen werden sollen. Die Kugeln fallen durch Eigengewicht durch ein biegsames Rohr und gelangen in die innere Nute der Walzen. Sie durchlaufen dann diese Nute und werden nach der nächst äußeren abgelenkt, darauf nach der folgenden usw., bis sie schließlich, wenn alle Nuten durchlaufen sind, durch Fliehkraft in ein zweites biegsames Rohr und von da wieder in den Zubringer zurückgeschleudert werden. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis die Löcher geschlossen und die Werkstücke bis auf 0,025 mm kugelförmig sind.

Ein Handrad an der Maschine betätigt eine Schraubenvorrichtung, die einen Druck von 15 000 kg auszuüben vermag. Während des Walzens wird das Rad dauernd vom Arbeiter gedreht, der dadurch den Druck in gewissen Grenzen zu regeln vermag. Die in den Nuten laufenden Kugeln werden nun von der festen Scheibe gegen die umlaufende gepreßt, und die Kugeln erhalten, da die Umfangsgeschwindigkeit der äußeren Nutenkante größer ist als die der inneren, außer der durch Umlaufen der Scheibe verursachten Drehung noch eine dazu senkrechte, die durch den Unterschied der Umfangsgeschwindigkeit an der inneren und äußeren Nutenkante veranlaßt wird. Außerdem ergibt sich durch den wachsenden Druck des Handrades noch eine kreisende Bewegung. Der Zweck dieser dreifachen Bewegung ist, jeden Punkt der Oberfläche der Kugeln mit den Platten in Berührung zu bringen.

In dem Maße, wie der Walzvorgang fortschreitet und der Druck auf die Kugel zunimmt, verringert sich ihr Volumen. Überschüssiger Stoff wird dabei an die Stellen gebracht, an denen, bedingt durch die vorhergehenden Arbeitsvorgänge, zu wenig vorhanden ist, vor allem also an die Öffnung, so daß diese vollständig geschlossen wird. Durch den Vorgang wird also der Stoff ziemlich gleichmäßig verteilt.

Nachdem die Kugeln geschlossen und gewalzt sind, werden sie auf besondern Maschinen geschliffen, wobei sie in umlaufende Bewegung gebracht und gegen eine Schleifscheibe gepreßt werden. Darauf werden sie in Schaukelwannen poliert und in der üblichen Weise auf Genauigkeit und Fehler untersucht.

Hohlkugeln aus Rohren. Bei der Herstellung von Kugeln aus Rohren werden die Rohre, Abb. 7 *a*, auf eine bestimmte Länge abgeschnitten und dann an den Enden auf Sondermaschinen geglättet (Abb. 7 *b*). Im nächsten Arbeitsgange, der durch eine Presse vorgenommen wird, werden die Stücke wiederum zugespitzt, so daß sie eine ovale Form erhalten (Abb. 7 *c*). Für die größeren Kugeln muß dieser Vorgang wiederholt werden, und sie erhalten dann die Form, wie sie bei *d* in Abb. 7 zu sehen ist. Die Stücke werden dann auf einer Presse in derselben Weise gerundet, wie bei den aus Blech hergestellten Kugeln. Die Löcher werden auch in diesem Falle wieder durch einen Walzvorgang geschlossen, genau so, wie bei den aus Blech hergestellten Kugeln. Auch zum Schleifen, Polieren usw. benutzt man die gleichen Vorgänge.

Zusammenfassung. Das Kennzeichnende dieser Art der Kugelherstellung ist, daß jeder Vorgang in sich schon eine Prüfung auf Brauchbarkeit der Kugel darstellt. Zunächst ist die Auswahl des Stoffes bei Blechen und Rohren verhältnismäßig leicht, weil vorhandene Fehler sich meist schon an der Oberfläche bemerkbar machen, im Gegensatz zu Fehlern bei Stangen. Sie können auf diese Weise verhältnismäßig leicht entdeckt werden. Zweitens würde der Stoff, wenn er Fehler hat, selbsttätig durch den Ziehvorgang, bei dem er sehr hoch beansprucht wird, ausscheiden, da jede fehlerhafte Kugel hierbei zerstört werden würde. Wenn der Stoff der Kugel vollkommen fehlerfrei ist und sämtliche Arbeitsgänge ausgehalten hat, so eignet er sich auch für den Zweck, für den er gedacht ist.

Dr. Tobias Danzig, der Forschungsingenieur der Gesellschaft, spricht sich über die Vorteile der von innern Spannungen freien Hohlkugeln folgendermaßen aus:

Das Anwendungsgebiet der großen Vollkugeln ist bisher beschränkt gewesen, wegen der inneren Spannungen, die bei ihnen beinahe immer vorhanden sind. Man vermeidet daher die Verwendung größerer Kugeln für Lagerzwecke. Die Fliehkraft übt einen starken Druck auf den Kugelkäfig aus. Dies bewirkt, daß diese Kräfte zusammen mit dem Eigengewicht eine zu starke Beanspruchung des Kugellagers ergeben könnten. Da die Fliehkraft dem Gewicht der Kugel verhältnisgleich ist, ist es klar, daß sich bei der Verwendung der hohlen Kugeln diese Verhältnisse günstiger gestalten. („The Iron Age" Bd. 114 S. 1544.)

[M 78] Stz.

Eisenbahnwesen.

Umgrenzungsprofile der Haupteisenbahnen der Welt (ausschl. Deutschlands).

Steigerung der Wirtschaftlichkeit im Eisenbahnbetriebe bedeutet Erhöhung der zu befördernden Gütermengen innerhalb eines Zuges und damit der Leistung der Lokomotiven. Diese Leistungsvergrößerung hat ihre Grenzen in der Tragfähigkeit der vorhandenen Brücken, der Festigkeit der Kupplungen und in der Begrenzung der Querschnitte der Fahrzeuge durch die zu durchfahrenden Bauten.

Abb. 9. Lichtraummaß der russischen Eisenbahnen, Spurweite 1524 mm.

Abb. 10. Spanien, Breitspur

Abb. 11. Dänische Staatsbahn, Spurweite 1435 mm.

Abb. 12. Jugo-slawische Staatsbahn, Spurweite 760 mm.

Abb. 13. Argentinische Staatsbahn, Spurweite 750 mm.

Abb. 14. Japanische Staatsbahn, Spurweite 1067 mm.

Abb. 15. Vereinigte Staaten von Amerika, Great Western Railway, Spurweite 1435 mm.

Abb. 16. Australische Eisenbahnen Spurweite 1435 mm.

Abb. 9 bis 16. Begrenzung der Querschnittabmessungen für Eisenbahnfahrzeuge in verschiedenen Ländern.

Während die „Technischen Vereinbarungen der deutschen Eisenbahn-Verwaltungen" des Jahres 1871 eine hohe Kessellage in Deutschland vermeiden wollten, mußte man im Laufe der Entwicklung des Dampflokomotivbaues mit steigendem Kesseldurchmesser zu einer Vergrößerung der Höhenlage des Kessels übergehen, was auch einige dynamische Vorteile bietet. Die Grenze dieser Höhenlage wird bei Schmalspurlokomotiven erreicht, weil man bei diesen hierdurch größeren Schwierigkeiten in der Rostausbildung entgeht.

Abb. 9 bis 16 lassen die Begrenzung der Querschnittsabmessungen der Fahrzeuge einiger wichtiger Länder erkennen. Die Zusammenstellung gibt Anlaß zu anregenden Vergleichen der Umgrenzungslinien miteinander und mit denen der Deutschen Reichsbahn. [M 216] Kirchhoff.

Schiffs- und Seewesen.

Bau und Einrichtung von Kühlschiffen.

Für eine Reihe von europäischen Ländern ist die Zufuhr ausländischer Lebensmittel unbedingt erforderlich. Da nun unter diesen viele verderbliche Waren sind, wie z. B. Fleisch, Südfrüchte und Gemüse, die obendrein von weither und oft über tropische Breitengrade herangeschafft werden müssen, so sind schnelle Schiffe mit leistungsfähigen Kühlanlagen für die Ernährung der europäischen Bevölkerung von großer Wichtigkeit. Ihre Einrichtungen und die beim Bau zu berücksichtigenden Gesichtspunkte hat Llewellyn Williams kürzlich in der Society of Naval Architects and Marine Engineers, New York, eingehend erläutert. Seinen Ausführungen[1]) entnehmen wir das folgende:

Kühlschiffe sind weitgehend ihrem Sonderzweck anzupassen. Die Einrichtung ist verschieden, je nachdem Kühlfleisch, Gefrierfleisch oder zu kühlende Früchte geladen werden, und bei diesen verlangt jede Fruchtart auch wieder eine gesonderte Behandlung.

Apfelsinen werden in Kisten befördert, wobei die Tonne 2,08 m³ Raum beansprucht. Für 2,1 m Deckhöhe wiegt die Ladung mit Isolierung und Gurtung etwa 1,2 t/m². Die Früchte und die Stauräume werden vor dem Verladen gekühlt. Die Kälteerzeugungsanlage hat sodann die Luft abzukühlen, mit der die Stauräume gelüftet und die Temperatur in ihnen auf etwa + 6° gehalten wird. Dabei ist die in die Stauräume eindringende und die von den Früchten abgegebene Wärme zu beseitigen.

Müssen die Früchte im Schiff selbst abgekühlt werden, was bei Bananen der Fall ist, so ist eine bedeutend größere Kühlanlage erforderlich als für vorgekühlte Früchte. Bananen werden im allgemeinen unverpackt geladen, wobei man die Trauben senkrecht stehend in zwei Schichten aufeinander packt und darüber eine wagerechte Schicht legt. Die Früchte können so 3 m übereinander liegen, wenn die Reise nicht länger als zehn Tage dauert. Andernfalls sind die Früchte so leicht und niedrig wie möglich zu stauen, da sie sonst faulen. Grätings und Seitenwegerung zum Verbessern des Luftzutritts sind in beiden Fällen von großer Wichtigkeit. Die Temperatur muß etwa + 10 bis + 12 °C im Laderaum betragen. Bei kaltem Wetter oder beim Ausladen in einem kalten nördlichen Hafen muß der Stauraum erwärmt werden. Bananen erfordern 4,2 m³/t Raum; das Ladegewicht einschließlich Isolierung und Wegerung beträgt rd. 730 kg/m². Melonen halten sich am besten bei 13 °C, Äpfel bei 0 °C. Für diese ist es von Wichtigkeit, daß die Luft etwa 10 vH Kohlensäure enthält.

[1]) „Shipbuilder" Febr. 1925 S. 116.

Abb. 18. Gefrierfleischverschiffungen vom La Plata, 1913 bis 1924.

a Hammel, gefroren *b* Lämmer gefroren *c* Rinderviertel, gefroren *d* Rinderviertel, gekühlt.

Abb. 17. Abhängigkeit der Kälteerzeugung von dem zu kühlenden Rauminhalt.

Ein Fahrzeug, das für Bananenfahrt bestimmt ist, kann wegen seiner leistungsfähigen Kühlanlage auch andre Früchte fahren, nicht aber umgekehrt. Die Temperaturen in den Laderäumen bleiben bei Früchten stets über 0 °C, da sonst die Ladung erfrieren würde.

Anders ist die Sachlage beim Versand von Kühl- und Gefrierfleisch. Gefrierfleisch braucht eine Temperatur von — 9 bis — 11 °C, wozu die Laderäume gut zu isolieren sind. Eine Lüftung während der Fahrt ist nicht erforderlich, doch ist durch zweckmäßige Stauung Sorge dafür zu tragen, daß die Luft in den Räumen gut umlaufen kann. Gekühlt wird mit Solekühlschlangen, die an den Seiten, unter den Decks und an den Schotten angebracht sind. Gefrierfleisch erfordert 2,62 m³/t.

Kühlfleisch wird vor dem Versand in Leinenbeutel eingenäht und an wagerechten Stangen im Schiffsraum aufgehängt, wenn möglich in mehreren Reihen übereinander, da so der Raum am besten ausgenutzt wird, ohne daß sich die einzelnen Teile berühren oder dem durchfließenden Luftstrom unnötigen Widerstand entgegensetzen. Die Solekühlrohre müssen sehr sorgfältig und umsichtig verteilt werden, damit es später möglich ist, die Temperatur wochenlang so gleichmäßig auf etwa — 1½ °C zu halten, daß sie sich um nicht mehr als ¼ °C ändert. Wenn die Reise länger als zehn Tage dauert, wird die Temperatur noch weiter erniedrigt, jedoch ist es nicht möglich, das Kühlfleisch länger als 35 Tage frisch zu halten. Damit keine Feuchtigkeit von außen eindringt und die Kühlrohre nicht vereisen, muß der Raum luftdicht geschlossen sein. Die Stangen, an denen das Fleisch mit metallenen Haken aufgehängt ist, dürfen ebenfalls nicht mit der Außenluft oder dem Schiffskörper wärmeleitend in Verbindung stehen, da sonst an der Stelle, wo der Haken das Fleisch durchdringt, dieses weich wird und fault. Die Kühlrohre müssen mit Holzplatten verkleidet sein, damit ein Festfrieren des Fleisches an den Röhren vermieden wird. Peinlichste Sauberkeit ist jedoch die Hauptbedingung dafür, daß die Sendung in gutem Zustande den Bestimmungsort erreicht.

Auf einem gewöhnlichen Kühlschiff sind verschiedene Räume für den Versand mehrerer Arten von Lebensmitteln vorhanden, so daß sowohl Obst, Gemüse als auch Fleisch in der jeweils erforderlichen Weise behandelt und sicher über See gebracht werden kann. Die Abteilungen, die dann verschiedene Temperaturen haben, sind mit Sägemehl gut gegeneinander zu isolieren.

Bei Schiffen für gemischte Ladung ist für die Wahl der Kältemaschinen die niedrigste Temperatur, die in Frage kommt, maßgebend. Der Arbeitsbedarf der Maschinen ist verhältnisgleich der Temperatur im Verdampfer und steht im umgekehrten Verhältnis zur Kondensatortemperatur. Für Überseedampfer benutzt man hauptsächlich Maschinen, die mit Ammoniak (NH_3) oder Kohlensäure (CO_2) arbeiten. Ammoniakmaschinen erzeugen mit 1,17 l/min Hubvolumen 1 kcal/min, während Kohlensäuremaschinen nur 0,176 l/min Hubvolumen hierzu brauchen. In Abb. 17 ist versucht worden, die Abhängigkeit der Kälteerzeugung von dem zu kühlenden Rauminhalt zu zeigen. Hat z. B. ein Schiff rd. 8500 m³ isolierfähigen Laderaum, so muß die Kohlensäuremaschine 15 200 kcal/min leisten, was einem Hubvolumen von rd. 2700 l/min entspricht. Die mit Ammoniak arbeitende Kühlanlage muß 11 700 kcal/min aufbringen, entsprechend 13 700 l/min Hubvolumen. Das Gewicht und der Raumbedarf sind nahezu gleich, der Preis der Ammoniakmaschine ist um ungefähr 10 vH geringer. Auch ihr Leistungsbedarf ist kleiner, was aber nicht von besonderer Wichtigkeit ist. Viel wichtiger sind dagegen die Einwirkungen der verwendeten Gase auf den menschlichen Organismus. Ammoniak ist schwierig zu behandeln, und eine Undichtigkeit in der Rohrleitung kann für das ganze Schiff gefahrvoll werden. Kohlensäure dagegen, obgleich sie erstickend wirkt, kann bei ausreichender Lüftung niemals eine Gefahr veranlassen.

Wertvolle Ergänzungen zu diesen Ausführungen hat die Zeitschrift „Werft, Reederei, Hafen" in Bd. 6 (1925) Heft 7 vom 7. April veröffentlicht. Auf S. 185 bringt sie statistische Angaben über die argentinischen Gefrierfleischverschiffungen vom La Plata, Abb. 18. Etwa 10 vH des Fleisches kommt aus Uruguay. Die Bestimmungsländer des vom La Plata im letzten Jahre verschifften Fleisches gehen aus Zahlentafel 1 hervor.

Zahlentafel 1. Verteilung der argentinischen Fleischausfuhr.

	Hammel gefroren Stück	Lämmer gefroren Stück	Rinderviertel gefroren Stück	Rinderviertel gekühlt Stück
Ausgeführt 1924 . . .	2 319 815	1 709 639	5 539 370	5 176 366
hiervon Bestimmungsland	vH	vH	vH	vH
Großbritannien	**82,22**	**97,04**	**19,25**	**99,97**
Europäisches Festland	**17,02**	1,77	**78,20**	0,01
New-York	0,67	0,98	0,162	0,02
Panama	0,06	0,21	—	—
Canadische Inseln . .	0,03	—	0,018	—
Andere Länder	—	—	2,470	—

Hiernach liefert Argentinien hauptsächlich nach England. Nach dem europäischen Festland sind nur gefrorene Rinderviertel und Hammel, jene vorwiegend in beachtenswerter Anzahl, verschifft worden. Der argentinische Fleischhandel nach den übrigen Ländern ist ziemlich belanglos. Dem englischen Verbrauch von Gefrierfleisch entsprechend, ist der Kühlraumgehalt der Welt zum größten Teil in englischen Händen, und zwar, wenn man von den Kühlräumen der großen Fahrgastdampfer absieht, also nur die Dampfer betrachtet, die vorwiegend der Verschiffung von Kühlfleisch dienen, zu etwa 90 vH; einschließlich der Fahrgastschiffe beträgt der englische Kühlraumgehalt 75 vH des Gesamten.

Deutschland erhält sein Kühlfleisch, das vor dem Kriege nicht eingeführt werden durfte, vorwiegend durch englische Schiffe. Auch französische Schiffe sind an der Einfuhr beteiligt, die durch ihre Größe und vorzüglichen Einrichtungen auffallen. Deutsche Reedereien haben besondere Kühlschiffe erst in den letzten Jahren in Betrieb genommen.

Die Behandlung des Gefrierfleisches erfordert eine umfassende Organisation, die zwischen deutschen und ausländischen Gesellschaften nach dem Kriege geregelt worden ist.

Über die Schiffsraumisolierungen berichtet Dr. H. Lage in der oben genannten Zeitschrift auf S. 171. Sie sind auf deutschen Handelsschiffen bisher nach seinen Feststellungen vernachlässigt worden. Die deutsche Kriegsmarine hat dagegen von jeher den einschlägigen Fragen die größte Aufmerksamkeit zugewendet und manche glückliche Lösung gefunden.

Bei Versuchen mit Isolierungen findet man immer wieder, daß die Wärmeleitzahl um so kleiner wird, je geringer das spezifische Gewicht und je größer das Verhältnis von Porenraum zu Porengröße ist. Zur Isolierung von Schiffsräumen verwendet man heute meistens Isolierstoffe, die aus Torf oder Kork hergestellt sind. Die beste Korkplatte ist die sogenannte „expandierte Korkplatte“, die durch künstliche Vergrößerung des Volumens der einzelnen Korkteilchen ohne Bindemittel zusammengepreßt wird. Sie hat 0,175 spezifisches Gewicht und eine Wärmeleitzahl von 0,035 bis 0,04 kcal/m²h °C. Die sogenannte Torfoleum-Leichtplatte hat ungefähr die gleiche Wärmeleitfähigkeit und ein um etwa 2 vH höheres spezifisches Gewicht. [M 376] Is.

Getriebeturbine für kleine Frachtschiffe.

Für kleine Frachtschiffe, bei denen man heute noch vorwiegend Dampfmaschinen verwendet, hat die Aktieselskabet Atlas, Kopenhagen, eine kleine eingehäusige Gleichdruckturbine ausgebildet, die bereits für elf Schiffe verwendet worden ist. Abb. 19 zeigt die Anlage des Dampfers „Anna“ von 550 PS Leistung, womit das Schiff beladen bei 86 Uml./min 8½ Kn Geschwindigkeit erreicht. Der Kohlenverbrauch beträgt 7 t am Tage.

Ab. 19. Maschinenanlage des Dampfers „Anna“ von 550 PS Leistung mit kleiner eingehäusiger Gleichdruckturbine und doppeltem Zahnradgetriebe.

Die Turbine ist über dem Kondensator angeordnet; sie treibt die Schraubenwelle über ein doppeltes Zahnradgetriebe an. Die Speise- und Lenzpumpen werden unmittelbar vom Getriebe aus angetrieben. Diese Bauart beansprucht wenig Platz, was dem Laderaum zugute kommt. („Shipbuilder“ Februar 1925.) [M 174]

ANGELEGENHEITEN DES VEREINES.

Wahlen und Beschlüsse der Versammlung des Vorstandsrates am 9. Mai 1925 in Augsburg.

Wahlen:

Vorsitzender des Vereines.

Der Vorstandsrat wählte als Vorsitzenden des Vereines deutscher Ingenieure für die Jahre 1926, 1927 und 1928 Hrn. Dr.-Ing. Dr. phil. h. c. K. Wendt, Essen.

Beigeordneter im Vorstand.

Als Beigeordneter im Vorstand für die Jahre 1926, 1927 und 1928 wurde Hr. Fabrikbesitzer Dr.-Ing. H. Jucho, Dortmund, gewählt.

Wahlausschuß.

Als Mitglieder des Wahlausschusses für das Jahr 1925/26 wählte der Vorstandsrat die Herren: Hartmann, Hessen; Heil, Oberschlesien; Hußmann, Emscher; Meng, Dresden; Treptow, Berlin; Treutler, Aachen; Wever, Niederrhein.

Als stellvertretende Mitglieder des Wahlausschusses wurden gewählt die Herren: Braun, Karlsruhe; Deimler, Thüringen; Deininger, Rheingau; Geißler, Zwickau; O. Klein, Siegen; Sehmer, Pfalz-Saarbrücken; Volckmar, Mannheim.

Kuratorium der Ingenieurhilfe.

Der Vorstandsrat wählte als Mitglieder des Kuratoriums der Ingenieurhilfe für die Jahre 1926, 1927 und 1928 die Herren: Bogatsch, Nürnberg; Fehlert, Berlin; Hjarup, Berlin.

Änderungen der Satzung und der Geschäftsordnung.

Neuregelung der Mitgliederzahl des Vorstandsrates.

Der Vorstandsrat schlägt für § 31 der Satzung folgende Fassung vor:

„Jeder Bezirksverein entsendet folgende Anzahl Abgeordnete in den Vorstandsrat:

einen für 0,8 *Zm* und weniger ordentliche Mitglieder,
einen zweiten für 0,8 *Zm* bis 1,8 *Zm* ordentliche Mitglieder,
einen dritten für 1,8 *Zm* bis 3,0 *Zm* ordentliche Mitglieder und weiter
je einen Abgeordneten für jede überschießende volle oder angefangene Zahl von 1,2 *Zm* ordentlichen Mitgliedern.

Die Zahl *Zm* wird erhalten durch Division der am Beginn des Kalenderjahres vorhandenen Gesamtzahl der ordentlichen Mitglieder des Vereines durch die Zahl der Bezirksvereine und Auslandsverbände.“

Änderung von Nr. 3 der Geschäftsordnung.

Der Vorstandsrat beschließt, Nr. 3 der Geschäftsordnung folgende Fassung zu geben:

„Das Eintrittsgeld und der hiervon den Bezirksvereinen zu überweisende Anteil wird vom Vorstandsrat festgesetzt.“

Antrag des Lenne-Bezirksvereines auf Änderung der Nr. 6 der Geschäftsordnung. Überweisungen des Gesamtvereines an die Bezirksvereine.

Der Vorstandsrat beschließt, für das Jahr 1926 die Überweisung an die Bezirksvereine noch nach der jetzigen Fassung von Nr. 6 der Geschäftsordnung zu bemessen. Der Vorstand wird zur nächsten Versammlung des Vorstandsrates unter Berücksichtigung der inzwischen ergangenen Anregungen und Vorschläge eine Vorlage unterbreiten auf der Grundlage der vom Märkischen Bezirksvereine beantragten Formel:

„Überweisungssumme: $\ddot{U} = (c + kn)$ Reichsmark, wobei c eine für alle Bezirksvereine und Ortsgruppen konstante Summe, k ein für alle ordentlichen Mitglieder gleicher Kopfbetrag, n die Zahl der Bezirksvereinsmitglieder sind.
c und k werden vom Vorstandsrat festgesetzt."

Antrag des Lenne-Bezirksvereines auf Bildung von Ingenieurkammern.

Der Vorstandsrat spricht sich dahin aus, daß es zwecklos ist, der Frage näherzutreten, ob und wie Ingenieurkammern zu schaffen sind, ehe nicht geklärt ist, wer die Berufsbezeichnung „Ingenieur" führen darf. Der Antrag auf Bildung von Ingenieurkammern soll daher vertagt werden. Der Ausschuß für Berufsfragen soll unter Hinzuziehung von Vertretern der Hochschulen und eines Vertreters der technischen Mittelschulen eingehend die Frage prüfen und Vorschläge unterbreiten, in welcher Weise die Berufsbezeichnung „Ingenieur" geschützt werden kann; das Ergebnis seiner Arbeiten soll er spätestens Ende Januar 1926 dem Vorstand unterbreiten.

Geschäftliches.

Rechnung des Jahres 1924; Bericht der Rechnungsprüfer.

Der Vorstandsrat beantragt bei der Hauptversammlung Genehmigung der Rechnung des Jahres 1924 und Entlastung des Vorstandes.

Festsetzung des Beitrages für das Jahr 1926.

Der Vorstandsrat beschließt die Wiedereinführung eines einheitlichen Mitgliedbeitrages, gegen dessen Entrichtung den Mitgliedern der in der Satzung festgelegte Anspruch auf die Lieferung der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure (VDI-Zeitschrift) zusteht. Die VDI-Nachrichten sollen nach wie vor kostenlos gleichfalls an sämtliche Mitglieder geliefert werden. Für Ausnahmefälle soll der Vorstand ermächtigt werden, den Mitgliedbeitrag auf die Hälfte zu ermäßigen, falls das Mitglied aus triftigen Gründen auf den Bezug der VDI-Zeitschrift verzichten will, oder sich in besonderen Fällen damit einverstanden zu erklären, falls das Mitglied an Stelle der VDI-Zeitschrift eine der übrigen vom V. d. I. herausgegebenen Zeitschriften zu beziehen wünscht.

Für 1926 wird vom Vorstandsrat der Mitgliedbeitrag auf 30 Reichsmark festgesetzt.

Festsetzung des Eintrittsgeldes.

Der Vorstandsrat beschließt, daß für die nach dem 1. Juni 1925 eingehenden Anmeldungen bis auf weiteres das Eintrittsgeld 10 Reichsmark beträgt, wovon der Bezirksverein, dem der Aufgenommene als Mitglied beitritt, 5 Reichsmark erhält.

Haushaltplan.

Der Vorstandsrat genehmigt den vom Vorstande vorgelegten Haushaltplan für die Jahre 1925 und 1926.

Ort der Hauptversammlung 1926.

Der Vorstandsrat beschließt, die Hauptversammlung 1926 in Hamburg stattfinden zu lassen.

Gründung eines Unterfränkischen Bezirksvereines.

Der Vorstandsrat beschließt außerhalb der Tagesordnung, die Ortsgruppe Würzburg als Bezirksverein anzuerkennen, sobald die satzungsgemäß erforderliche Zahl von 150 ordentlichen Mitgliedern erreicht ist.

Wahlen und Beschlüsse der 64. Hauptversammlung am 10. Mai 1925 in Augsburg.

Ehrungen.

Die Hauptversammlung beschließt einstimmig, Sr. Exzellenz Herrn Geh. Baurat Dr. phil. Dr.-Ing. eh. Oskar von Miller die Grashof-Denkmünze zu verleihen.

Bericht der Rechnungsprüfer. Genehmigung der Rechnung des Jahres 1924 und Entlastung des Vorstandes.

Die Hauptversammlung genehmigt die Rechnung des Jahres 1924 und erteilt dem Vorstand Entlastung.

Wahl zweier Rechnungsprüfer und ihrer Stellvertreter für die Rechnung des Jahres 1925.

Die Hauptversammlung wählt nach dem Vorschlag des Vorstandsrates zu Rechnungsprüfern die Herren Fabrikbesitzer E. Becker, Berlin, und Fabrikant Ad. Weismüller, Frankfurt a. Main, zu Stellvertretern der Rechnungsprüfer die Herren Direktor R. Blaum, Bremen, und Direktor J. Körting, Düsseldorf.

Änderung der Satzung. Neuregelung der Mitgliederzahl des Vorstandsrates (§ 31).

Die Hauptversammlung genehmigt die vom Vorstandsrate vorgeschlagene Fassung des § 31 der Satzung.

Entgegennahme und Besprechung des Berichtes über die Verhandlungen, Wahlen und Beschlüsse des Vorstandsrates.

Eine Zurückverweisung der Beschlüsse des Vorstandsrates erfolgt nicht. Die Beschlüsse des Vorstandsrates sind daher als endgültig anzusehen. [V 560]

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag. G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 30. MAI 1925 NR. 22

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 768.

Versuchsergebnisse einer Hesselman-Verbrennungsmaschine.

Von Prof. E. Hubendick, Stockholm.

Kurze Beschreibung der Konstruktion der Maschine. Beherrschung des Verbrennungsverlaufes durch Reglerhebel wird an der Hand von Indikatordiagrammen gezeigt. Ergebnisse von Anlaß- und Bremsversuchen. Höchster mittlerer nutzbarer Kolbendruck 8,27 at. Höchster thermodynamischer Wirkungsgrad 37,10 vH.

Im Jahrgang 1923 dieser Zeitschrift[1]) hat Obering. K. J. E. Hesselman über die Arbeiten berichtet, die für seine kompressorlose Verbrennungsmaschine grundlegend waren. In demselben Jahrgang[2]) habe ich über die Versuche an einer Zweizylinder-Viertaktmaschine von 65 PS nach diesem System berichtet.

Vor kurzem haben Versuche an einer solchen vierzylindrigen Maschine von 300 PS stattgefunden, Abb. 1 und 2, welche die Aktiebolaget Bofors, Schweden, entworfen und hergestellt hat. Bei der Bauart der Maschine ist die auf der linken Seite, Abb. 1, unterhalb der Galerie angebrachte Brennstoffpumpe bemerkenswert, die durch eine Daumenscheibe von der senkrechten Zwischenwelle betrieben wird und deren Verteilerventile von Daumenscheiben auf der Steuerwelle betätigt werden.

Die Wirkungsweise dieser Pumpe, die Einrichtung zum Erzeugen der Drehbewegung der Verbrennungsluft, die Einführung des Brennstoffs, die Bauart der Brennstoffventile sowie des Verbrennungsraumes sind aus der früheren Quelle bekannt. Der Boden des Kolbens, der nicht durch Wasser gekühlt wird, ist so gestaltet, daß der eigentliche Verdichtungsraum mehr am Umfang des Zylinders liegt; dabei sind jedoch die kalten Zylinderwände so abgeschirmt, daß der eingespritzte Brennstoff sie nicht treffen kann. Daß dadurch der Kolbenboden und noch mehr die abschirmenden, emporragenden Kanten am oberen Rande des Kolbens nicht genügend gekühlt werden, wie man vielleicht annehmen könnte, hat sich nicht bestätigt; denn die Maschine hat bei 380 mm Zyl.-Dmr. mit einem nutzbaren Mitteldruck von gut 8 at gearbeitet, ohne daß Überhitzung entstanden wäre.

Abb. 1. Brennstoffpumpenseite.

Abb. 2. Auspuffseite.

Abb. 1 und 2. Hesselman-Verbrennungsmaschine.

Voraussetzung hierfür dürfte sein, daß der Brennstoffstrahl nicht den Kolbenboden trifft und daß besonders dessen mittlere Teile, die schwer zu kühlen sind, nicht so wie bei andern Dieselmotoren den höchsten Temperaturen ausgesetzt werden Vorteilhaft für die Haltbarkeit des Kolbens, Abb. 3, wirkt auch, daß keine Einspritzluft verwendet wird. Das Bild des Kolbenbodens läßt zwar erkennen, wo die Brennstoffstrahlen auftreffen, zeigt aber keine übermäßige Erwärmung des Kolbenbaustoffs und keine Überhitzung des freistehenden Randes. Aus Abb. 4 geht hervor, daß auch die Kanten des Kolbens, gegen die sich die Brennstoffstrahlen gerichtet haben, nicht überhitzt sind. Beim Versuch ist auch kein Zeichen von Brennen oder Überhitzung beobach-

[1]) Z. Bd. 67 (1923) S. 658
[2]) Z. Bd. 67 (1923) S. 783.

Abb. 3. Aussehen des Kolbenbodens nach dem Versuch.

Abb. 5. Steuerventile und selbsttätiges Einspritzventil.

Abb. 4. Kolben nach dem Versuch.

Abb. 23. Versuchsergebnisse ohne Regler. $\frac{\text{Bremsgewicht}}{\text{Umlaufzahl}} = \text{konst.}$

tet worden. Die Teile dieses Kolbens, die sich am stärksten erwärmen, liegen nach dem Umfang zu und werden daher durch die gekühlte Zylinderwand wirksam gekühlt. Wahrscheinlich kann man daher bei dieser Maschine die Temperatur leichter beherrschen als bei gewöhnlichen Dieselmotoren.

Mittels einer Stellvorrichtung kann man die Dauer der Einführung des Brennstoffes in die Zylinder ändern und den Beginn der Einspritzung einstellen. Das Einspritzventil wird durch den Öldruck geöffnet und hat keine mechanische Steuerung, Abb. 5. Mittels des Schraubkopfes kann man seine Plattenfeder mehr oder weniger spannen und dadurch den Einspritzdruck regeln.

Die Diagramme, Abb. 6 bis 10, zeigen, wie man die Diagrammform durch Verändern des Pumpenhubes, des Einspritzbeginns und des Brennstoffdrucks beherrschen kann. Wie Abb. 6 ergibt, beträgt der Enddruck der Verdichtung fast 29 at.

Abb. 22. Versuchsergebnisse der Hesselman-Verbrennungsmaschine bei Regelung der Umlaufzahl durch Regler.

Abb. 6. Kompressionsdiagramm.

Abb. 7. Normales Diagramm.

Abb. 8. Pumpenhub vermindert, Einspritzpunkt verzögert.

Abb. 9. Wie in Abb. 8, nur noch in stärkerem Maße.

Abb. 10. Wie in Abb. 9, außerdem erhöhter Pumpendruck.

RZ71Z6-10

Abb. 6 bis 10. Beherrschung der Diagrammform durch Verändern des Pumpenhubes, des Einspritzbeginnes und des Brennstoffdruckes. 0,8 mm = 1 at.

Abb. 11.
a 160 vH
b 8,04 at
c 472,9 PS
d 215,94 Uml./min

Abb. 12.
a 150 vH
b 7,58 at
c 450,5 PS
d 218,13 Uml./min

Abb. 13.
a 140 vH
b 7,07 at
c 451,8 PS
d 218,82 Uml./min

Abb. 14.
a 130 vH
b 6,57 at
c 393,5 PS
d 219,81 Uml./min

Abb. 15.
a 120 vH
b 6,06 at
c 364,2 PS
d 220,39 Uml./min

Abb. 16.
a 100 vH
b 5,05 at
c 305,3 PS
d 221,66 Uml./min

Abb. 17.
a 77 vH
b 3,82 at
c 231,9 PS
d 222,94 Uml./min

Abb. 18.
a 52 vH
b 2,53 at
c 155,4 PS
d 225,91 Uml./min

Abb. 19.
a 50 vH
b 3,27 at
c 151,1 PS
d 170,91 Uml./min

Abb. 20.
a 31 vH
b 2,35 at
c 94,4 PS
d 147,43 Uml./min

Abb. 21.
a 9,4 vH
b 1,11 at
c 27,8 PS
d 92,0 Uml./min

Abb. 11 bis 21. Indikatordiagramme zur Beurteilung der Arbeitsweise der Maschine bei verschiedenen Belastungen. 0,8 mm = 1 at.
a Belastungsgrad *b* Mittlerer nutzbarer Kolbendruck
c Indizierte Leistung *d* Drehzahl.

Zahlentafel 1. Ergebnisse der Versuche an der 300 PS-Hesselman-Maschine.

Nr.	Laufzeit vor dem Versuche	Versuchsdauer	Gesamtlaufzeit bei der betreffenden Belastung	Lufttemp.	Barometerstand	Umlaufzahl	Belastung der Bremse	Nutzleistung	Mittl Abgastemp.	Schmieröltemp.	Kühlwassertemp. Zufluß	Kühlwassertemp. Abfluß	Brennstoffverbrauch		Mittl. nutzb. Kolbendruck	Höchstdruck	Wärmeverbrauch	Wirkungsgrad	Diagramm	Aussehen und Geruch der Abgase
	h min	min s	h min s	°C	mm Q.-S.	Uml./min	kg	PS	°C	°C	°C	°C	kg/h	g/PSh	at	at	kcal/PSh	vH	Abb.	
								Umlaufzahlen mit Regler.												
7			0 8 0	22	754	215,94	901	486,4							8,27					Sichtbarer dunkler Rauch
6	0 7	11 2,4	0 18 2,4	22	754	215,94	876	472,9		41			97,15	205,43	8,04	45	2060	30,67	11	Sichtbare Abgase. Kein Geruch
5	0 10	26 2	0 36 2	22	754	218,13	826	450,5		41			82,52	183,17	7,58	44,5	1840	34,35	12	Schwach sichtbar. Kein Geruch
4	0 20	43 8,6	1 3 8,6	22	754	218,82	771	421,8	496	38	12	57,5	74,70	177,10	7,07	43,5	1780	35,51	13	Bei günstiger Beleuchtung sichtbar. Kaum merkbarer Geruch
3	0 25	39 40,5	1 4 40,5	20	754	219,81	716	393,5	458		12	56,5	67,67	171,97	6,57	43,4	1730	36,53	14	Unsichtbar, geruchlos
2	0 20	43 45	1 3 45	20	754	220,39	761	364,2	406		12	51	61,33	168,39	6,06	43,4	1690	37,40	15	„ „
1	3 15	41 47	3 57 47	19	754	221,66	551	305,3	340	23	12	54	51,36	168,23	5,05	42,4	1690	37,40	16	„ „
8	0 45	41 44	1 26 44	23	754	222,11	551	305,95	360		12	52,5	51,54	168,46	5,06	44,5	1690	37,40		„ „
9	0 15	30 47,5	0 45 47,5	22	754	222,92	416	231,8	274		12	49,5	40,63	175,28	3,82	39,3	1760	35,91		„ „
10		51 34		21,5	749	222,94	416	231,9	277,5		12	55,5	40,12	173,01	3,82	40,1	1740	36,32	17	„ „
11	2 55	30 33	3 25 33	17	754	225,21	276	155,4	251		12	50,5	29,25	188,22	2,53	41,9	1890	33,44	18	Bei günstiger Beleuchtung sichtbar. Geruchlos
12	0 25	25 56,5	0 50 56,5	17	754	225,02	142	79,9	232		12	45,0	18,14	227,03	1,30		2280	27,72		Schwacher, heller Rauch. Deutlicher Geruch
13	0 40			17	754		1,5	0,85												Weißer, nicht starker Rauch. Deutlicher Geruch
								Umlaufzahlen ohne Regler; $\frac{\text{Bremsgewicht}}{\text{Umlaufzahl}}$ = konst.												
1	3 15	41 47	3 57 47	19	754	221,66	551	305,3	340	23	12	54	51,36	168,23	5,05	42,4	1690	37,40	16	Unsichtbar, geruchlos
8	0 45	41 44	1 26 44	23	754	222,11	551	305,95	360		12	52,5	51,54	168,46	5,06	44,5	1690	37,40		„ „
14	0 25	23 28,5	0 57 28,5	19	756	170,91	356	151,1	232,5		12	38	27,35	179,81	3,27	42,9	1800	35,11	19	Bei günstiger Beleuchtung sichtbar. Geruchlos
15	0 10	38 30	0 48 30	19	756	147,43	256	94,4	172,5		12	47	18,43	195,23	2,35	42,4	1960	32,24	20	Schwacher, heller Rauch. Schwach merkbarer Geruch.
16	0 10	13 0	0 23 0	20	756	92,0	121	27,8	125		12	42	8,84	317,98	1,11	43,8	3180	19,87	21	Grauer Rauch. Deutlicher Geruch.
17				17	754	60,0	1,5	0,22							0,0					

Abb. 7 entspricht einem Diagramm mit normalem Pumpenhub, verhältnismäßig früher Einspritzung und mittelhohem Druck der Brennstofflüssigkeit. Am Schluß der Verdichtung tritt hier eine heftige Drucksteigerung um rd. 15,5 at auf, während ausgeprägte Wärmezufuhr bei gleichbleibendem Druck fehlt. Vermindert man den Pumpenhub, d. h. verlängert man die Einspritzdauer und verzögert man den Beginn des Einspritzens, so wird diese Drucksteigerung kleiner; sie beträgt 11 at in Abb. 8 und 8 at in Abb. 9; zugleich wird ein größerer Teil der Wärme bei gleichbleibendem Druck zugeführt. Wird außerdem der Druck der Pumpe erhöht, Abb. 10, so beträgt die Drucksteigerung nur 5 at.

Die Versuche an dieser Maschine wurden vom 25. bis 28. September 1924 im Kraftwerk der A.-B. Bofors angestellt. Die Leistung wurde mit einer Junkersschen Wasserbremse gemessen, deren Bremsarm nachgeprüft und die genau ausgeglichen wurde. Der Brennstoff wurde gewogen, und die Gesamtzahl der Umdrehungen während eines jeden Versuchs wurde gezählt. Bei jedem Versuch arbeitete die Maschine mit gleicher Belastung so lange, bis Beharrung eintrat. Da der Antrieb des an der Maschine angebrachten Indikators keine zum Kolbenweg verhältnisgleichen Bewegungen der Indikatortrommel ergab, können die Indikatordiagramme, Abb. 11 bis 21, nicht zum Berechnen der indizierten Leistung, sondern nur zur Beurteilung der Arbeitsweise der Maschine bei den verschiedenen Belastungen verwendet werden. Die Hauptmaße der Maschine betragen:

Zyl.-Dmr. . . . . . 380 mm
Hub . . . . 540 „
Zylinderzahl 4
Normale Drehzahl . . 220 Uml./min.

Als Brennstoff wurde „Galisol“ benutzt, dessen unterer Heizwert nach Untersuchung der Staatlichen Prüfungsanstalt 10 070 kcal/kg beträgt. Als Schmieröl diente Vacuum Olis DTE Heavy. Das Öl wurde mittels Pumpe in Umlauf versetzt, außerdem hatten die Zylinder besondre Druckschmierung.

Zum Anlassen der Maschine waren zwei Druckluftbehälter mit 590 mm innerem Durchmesser und 2810 mm innerer Höhe vorhanden, wovon also jeder 768 l faßt. Beim Anlassen wurde Druckluft in die Zylinder 1 und 4 eingeführt. Die Anlaßproben an der kalten Maschine hatten folgendes Ergebnis:

Barometerstand	Manometerdruck in den Behältern vor dem Anlassen	Manometerdruck in den Behältern nach dem Anlassen	Raumtemperatur	Drehzahl vor Eintritt der Zündung	Zeit bis zum Eintritt der ersten Zündung
mm Q.-S.	at	at	°C	Uml./min	s
749	48,0	44	19,5	7	6
749	44,5	42	19,5	4	3
749	26	25	19,5	7	4,6
749	25	23	19,5	4	3,5

Da es schwer war, die ersten Zündungen zu hören, dürften die beobachteten Zeiten ungünstiger als die wirklichen sein.

Die Bremsversuche wurden zum Teil mit eingekuppeltem Regler ausgeführt; zum Teil wurde aber mit ausgeschaltetem Regler und wechselnder Drehzahl in der Weise gearbeitet, daß der Quotient aus Bremsbelastung und Quadrat der Drehzahl unverändert blieb.

Die Ergebnisse der beiden Versuchsreihen sind in Zahlentafel 1 und in Abb. 22 und 23 dargestellt. Die Maschine arbeitete bei allen Belastungen äußerst ruhig und gleichförmig. Nach Beendigung der Versuche wurde ein Zylinderdeckel abgenommen. Auf der Düse war nur eine kleine Rußkruste zu sehen. Auch während der Versuche wurden die Brennstoffventile ausgebaut, dabei zeigten die Düsen kleine Rußkrusten. Die Brennstoffventile wurden wieder eingebaut, ohne daß die Rußkrusten entfernt wurden. Die Maschine lieferte dieselben Ergebnisse, wenn die Düsen sauber waren und wenn sie Rußkrusten hatten, und anscheinend wachsen die Rußkrusten nicht über eine gewisse Größe.

Wie die Ergebnisse beweisen, hat die Maschine sehr geringen Brennstoffverbrauch und hohen Mitteldruck. Die Verbrennung war sehr gut. Da die Brennstoffventile nicht gesteuert werden, sind sie von der Betriebswärme unabhängig. Belastungswechsel fordern kein Umstellen oder Regeln der Maschine. Anderseits kann man die Diagrammform in bezug auf den Höchstdruck, den Zündzeitpunkt und die Verbrennungsgeschwindigkeit mittels der Stellvorrichtungen an der Brennstoffpumpe und den Brennstoffventilen vollständig beherrschen. [B 71]

Müller - Breslau †.

Ein Großer im Reiche der Ingenieurwissenschaften ist dahingegangen; die deutsche Technik trauert tief um einen ihrer hervorragendsten Führer. Heinrich Müller-Breslau ist in der Nacht zum 23. April im 74. Lebensjahre nach kurzer Krankheit sanft entschlafen. Kraftvoller als Worte zeugt sein Lebenswerk von dem, was Geheimrat Dr.-Ing. Heinrich Müller-Breslau Großes für die technischen Wissenschaften, für den Brückenbau, für den konstruktiven Ingenieurbau, für die gesamte Technik geleistet hat. Sein Schaffen ist Gemeingut der Ingenieurtechnik aller Kulturländer geworden. Mit der Weltstellung der deutschen Technik bleibt sein Name für alle Zeit verbunden.

Die Lebensarbeit Müller-Breslaus umspannt fast ein halbes Jahrhundert. Seine epochemachenden Hauptwerke „Graphische Statik der Baukonstruktionen" und „Die neueren Methoden der Festigkeitslehre", werden dauernd grundlegend für die theoretische und angewandte Statik bleiben. Wo heute Ingenieure mit statischen und konstruktiven Aufgaben betraut werden, da steht ihnen dieses unentbehrliche Rüstzeug zur Seite. Gleich hervorragend als Wissenschaftler wie als schaffender Ingenieur, eine geniale Persönlichkeit, hat Müller-Breslau in rastloser Lebensarbeit, in wahrhaft schöpferischer Tätigkeit Großes für die Technik geleistet. Schon zu seinen Lebzeiten ist er zu einer historischen Persönlichkeit in der Ingenieurwelt geworden. Als bei seinem 70. Geburtstage die Schüler und Freunde in dankbarer Verehrung versucht haben, ein Bild von Müller-Breslaus Wirken und Bedeutung zu schaffen, mußte dieser Versuch bei seinen ausgedehnten wissenschaftlichen und technischen Arbeiten eine Skizze bleiben.

Im engen Rahmen eines Nachrufes kann nur mit kurzen Worten auf die Persönlichkeit und das Lebenswerk des Dahingeschiedenen eingegangen werden. Der Geschichte der deutschen Wissenschaften wird es überlassen bleiben, das Wirken und Schaffen Müller-Breslaus eingehend zu würdigen.

Heinrich Müller, am 13. Mai 1851 in Breslau geboren, hat schon bei seinen ersten wissenschaftlichen Arbeiten in den 70er Jahren den Namen seiner Geburtstadt dem Familiennamen beigefügt. Er wandte sich zunächst der militärischen Laufbahn zu und hat als Fahnenjunker bei den Koblenzer Pionieren den Krieg von 1870 und 71 mitgemacht. Aus seinen eigenen Beobachtungen und Erlebnissen in diesem Kriege hielt er gelegentlich seines Rektorats im Jahre 1896 den fesselnden Vortrag über den „Krieg hinter der Front". Nach dem Kriege wandte er sich dem Studium des Ingenieurwesens zu und begann Mitte der 70er Jahre in Berlin seine selbständige Tätigkeit als Zivilingenieur. Durch seine umfangreiche wissenschaftliche Tätigkeit und seine literarischen Veröffentlichungen schnell bekannt geworden, kam er 1883 als Professor an die Technische Hochschule zu Hannover. Diese Stellung brachte ihm den fruchtbaren Boden für die volle Entfaltung seiner Kräfte; mit seiner Arbeit in Hannover begann die Hauptepoche seines reichen wissenschaftlichen und ingenieurtechnischen Schaffens.

Als der erste Lehrstuhl für Statik und Brückenbau an der Technischen Hochschule Berlin durch den Tod Winklers frei wurde, war die Bedeutung Müller-Breslaus derart anerkannt, daß seine Berufung als Nachfolger Winklers nach Berlin als selbstverständlich galt. Über 35 Jahre hat Müller-Breslau an dieser sichtbarsten Stelle der deutschen Technischen Hochschulen als ordentlicher Professor für Statik und eiserne Brücken gewirkt. Die gesamte Zeit seines akademischen Wirkens ist von fruchtbarster, wissenschaftlicher Tätigkeit und von hervorragendem Schaffen auf dem gesamten Gebiete des konstruktiven Ingenieurbaues erfüllt. Was die Forscher- und Ingenieurtätigkeit Müller-Breslaus besonders kennzeichnet und seine Arbeiten aus dem Rahmen der theoretischen Mechanik weit heraushebt, ist die beispiellos klare und scharfe Erfassung der ingenieurtechnischen Aufgabe im theoretischen Problem, ihre zielbewußte Durchführung über die theoretische Lösung hinaus bis zur ingenieurtechnischen Verwendbarkeit und die Abrundung seiner in genialer Kürze und unvergleichlicher Klarheit erscheinenden Forschungsergebnisse: so war Müller-Breslau der führende, glänzende Vertreter der Wissenschaft und ein Meister der Ingenieurbaukunst zugleich.

Außer seinen Hauptwerken: „Graphische Statik der Baukonstruktionen" und „Neuere Methoden der Festig-

keitslehre", sowie: „Erddruck auf Stützmauern", sind fortlaufend eine kaum zu übersehende Zahl umfangreicher theoretischer und ingenieurtechnischer Arbeiten erschienen; ein kurzer Auszug ist im Jahre 1921 („Der Eisenbau" Nr. 5 und 6) zum 70. Geburtstag gebracht worden. Mit voller Schaffensfrische hat der Meister als Wissenschaftler und schaffender Ingenieur bis kurz vor seinem Tode gewirkt. Von der Statik der Baukonstruktionen ist der erste Band des zweiten Teiles in fünfter Auflage 1922, der zweite Band in zweiter Auflage 1925 herausgekommen. „Die neueren Methoden der Festigkeitslehre" konnte Müller-Breslau in fünfter Auflage 1924 neu erscheinen lassen. Von seinen theoretischen Arbeiten aus den letzten Jahren hat er 1922 im Zentralblatt der Bauverwaltung eine Abhandlung „Zur Berechnung zweistieliger Rahmentragwerke über drei Öffnungen", 1923 im „Bauingenieur" einen Aufsatz über die „Berechnung gegliederter Druckstäbe", 1924 in den Sitzungsberichten der Preußischen Akademie der Wissenschaften eine Arbeit über „Versuche mit auf Biegung und Knickung beanspruchten Flugzeugholmen" veröffentlicht.

Das glänzende Bild der Lehr- und Forschertätigkeit Müller-Breslaus wird ergänzt durch seine dauernde Tätigkeit als schaffender Ingenieur. Seine umfangreiche Praxis umfaßte sämtliche Gebiete des konstruktiven Ingenieurbaues: Brücken, Führungsgerüste von Gasbehältern, Kuppeln, Ingenieurkonstruktionen des Hoch- und Tiefbaues, vor allem auch Ingenieurkonstruktionen des Luftschiff- und des Flugzeugbaues. Wenn die deutsche Technik in der letzten Zeit durch die Leistungen der Zeppelin-Luftschiffe wieder einmal die Anerkennung der gesamten technischen Welt gefunden hat, so gebührt Müller-Breslau, der die Arbeiten des Grafen Zeppelin bei der Gestaltung seines Luftschiffes schon in den ersten Stufen der Entwicklung außerordentlich unterstützt hat, ein nicht geringes Verdienst an diesem Erfolge.

Die Tätigkeit des Meisters hat von Anbeginn an bei der gesamten Fachgenossenschaft, bei den Behörden, bei den wissenschaftlichen Ingenieurinstituten ehrenvollste Anerkennung und Auszeichnung gefunden. Zweimal wurde Müller-Breslau zum Rektor der Berliner Technischen Hochschule erwählt. 1889 wurde er zum ordentlichen Mitglied der Akademie des Bauwesens, 1901 zum ordentlichen Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften ernannt; 1902 erhielt er die goldene Medaille für Verdienste um das Bauwesen. In demselben Jahre wurde er zum Ehrenmitglied der American Academy of Arts and Sciences zu Boston, 1903 zum Ehrendoktor der Technischen Hochschule zu Darmstadt ernannt. Im Jahre 1908 wurde er zum Mitglied der Kgl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften zu Stockholm, 1910 zum Ehrenmitglied des Instituts für Wasser- und Wegebauingenieure in Petersburg ernannt. 1913 wurde Müller-Breslau als Vertreter der deutschen Technischen Hochschulen in das Herrenhaus berufen. Seine Tätigkeit im Weltkrieg ist bereits im ersten Kriegsjahre durch die Verleihung des Eisernen Kreuzes am weiß-schwarzen Bande ausgezeichnet worden. Im Jahre 1921 wurde ihm die Würde des Ehrendoktors von allen Fakultäten der Technischen Hochschule Berlin erteilt; in demselben Jahre wurde er Ehrenbürger der Technischen Hochschulen Breslau und Karlsruhe. Bei der Entbindung von seinen dienstlichen Verpflichtungen ernannte ihn die Technische Hochschule zu Berlin ebenfalls zu ihrem Ehrenbürger.

Ungezählte Schüler haben in den 35 Jahren seiner Berliner Tätigkeit zu seinen Füßen gesessen und aus seinen Worten in gleicher Weise Anregung für eigene Arbeit und Forschung gewonnen wie aus seinen Werken. Wer im Banne seiner geistvollen Augen seinem sprühenden Vortrage gefolgt ist, dem wird der Lehrer Müller-Breslau unvergeßlich bleiben. Wer aber, wie es uns, den engeren Fachgenossen der Berliner Technischen Hochschule, vergönnt war, jahrzehntelang mit ihm als Fachkollegen zusammenzuwirken, der trauert ebenso um den führenden Geist der deutschen Technik, wie um den Menschen Müller-Breslau.

Mit dem Aufstieg der deutschen Ingenieurbaukunst wird der Name Müller-Breslau für immer verknüpft bleiben. Daß die deutsche Ingenieurbaukunst in Theorie und Konstruktion zu ihrer jetzigen Stellung emporgestiegen ist, verdankt sie mit in erster Linie der Lebensarbeit des Verstorbenen. [P 532]

Charlottenburg. Siegmund Müller.

Neue Form des Versteifungsträgers einer Hängebrücke.

Die zurzeit im Bau befindliche Florianopolis-Brücke in der brasilianischen Provinz Santa Catharina, die mit rd. 400 m Spannweite die weitest gespannte Brücke Südamerikas ist und die größte Kettenbrücken-Spannweite der Welt hat, weicht in der Form des Versteifungsträgers erheblich von den bisher ausgeführten ab. Gleichzeitig hat man bei ihr einen wichtigen neuen Baustoff mit einer Elastizitätsgrenze von rd. 5270 kg/cm², einer Bruchgrenze von 7400 kg/cm² und 5 vH Dehnung, der durch neue Versuche der American Bridge Co. gefunden worden ist, für die Kettenstäbe verwendet. Abb. 1 zeigt einen Entwurf der Brücke mit der gewöhnlichen Hängekonstruktion, Abb. 2 den zur Ausführung gewählten Entwurf mit der Änderung, daß das Kabel auf der mittleren Hälfte der Spannweite gleichzeitig die obere Gurtung des Versteifungsträgers bildet, und daß die Höhe des Versteifungsträgers derart veränderlich ist, daß die größte Höhe mehr bei den Viertelpunkten der Spannweite liegt. Dadurch soll sich eine Verminderung der Gesamtbaukosten ergeben, die im einzelnen wie folgt zustande kommt:

Abb. 1 und 2. Hängebrücke in Brasilien.
Oben: alte, unten: neue Form der Hängekonstruktion.

1. Ersparnis an Baustoff bei der mittleren Hälfte der oberen Gurtung jedes Versteifungsträgers.
2. Allgemeine Ersparnis an dem übrigen Gurtungsbaustoff durch Verwendung eines wirtschaftlichen, der Änderung des Biegungsmomentes auf der Länge der Spannweite angepaßten Trägerquerschnitts, insbesondere einer Baustoffverminderung in den Zugquerschnitten nahe den Viertelpunkten.
3. Ersparnis an Einzelheiten und bei den Druckquerschnitten, die sich aus der großen Einheitlichkeit der erforderlichen Gurtquerschnitte ergibt.
4. Ersparnis am Baustoff der Füllstäbe wegen der verminderten Trägerhöhe an den Stellen der größten Scherkraft.
5. Fortfall der Druckglieder in der mittleren Hälfte der Spannweite und Ersatz durch Zugglieder.
6. Als Folge der verschiedenen Ersparnisse eine Verminderung des Gesamtgewichts des Versteifungsträgers um etwa ein Drittel und damit eine Ersparnis an allen Teilen, die durch die tote Last des Trägers beeinflußt werden.
7. Eine Ersparnis an den Kettenquerschnitten infolge der verminderten toten Last des Trägers und damit auch der Kette.
8. Ersparnis der Hängestangen im mittleren Teil und Verminderung der Länge der übrigen Hängestangen.
9. Verminderung der Höhe der Turmpfeiler infolge des verminderten Abstandes zwischen Kabel und unterer Trägergurtung.
10. Ersparnis an den Türmen infolge Verminderung ihrer Höhe in Verbindung mit Verkleinerung der toten Lasten.
11. Baustoffersparnis bei der Verankerung durch Verminderung der toten Lasten des Trägers und der Kette.

Die hauptsächlich zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit bestimmten Entwurfänderungen brachten aber auch gleichzeitig eine erhebliche Vergrößerung der Steifigkeit mit sich. Die Durchbiegungen betrugen annähernd nur ¼ von denen des ersten Entwurfes.

Der Brückenentwurf stammt von zwei New Yorker Ingenieuren. Das ungefähre Stahlgewicht der Brücke einschl. der Zufahrtöffnungen beträgt 4400 t. („Engineering News-Record" Bd. 93 (1924) Nr. 20. [M 226]

Untersuchungen an dicken Kesselblechen.

Mitteilung aus der Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart.

Von Richard Baumann, Stuttgart.

Aus 24 Blechtafeln von 10 bis 60 mm Dicke wurden Probestäbe verschiedener Breite hergestellt und geprüft. Aus den Ergebnissen wird ein Vorschlag für die Anforderungen abgeleitet, die an die Dehnung von Kesselblechen zu stellen sind, wenn Probestäbe mit größerem Querschnitt als rd. 300 mm² zur Prüfung gelangen.

Seit einem Jahrzehnt herrscht Meinungsverschiedenheit darüber, welche Bruchdehnungen für dicke Kesselbleche zu verlangen sind. Da die Materialvorschriften eine Meßlänge von 20 cm vorschreiben, dagegen hinsichtlich des Querschnittes nur empfehlen, daß er 300 mm² betragen soll, kommt es bei dicken Blechen nicht selten vor, daß der Querschnitt 1500 bis 2000 mm² beträgt. Infolgedessen nimmt die Querschnittverminderung, die bekanntlich bei zähem Flußeisen sehr bedeutend ist, einen großen Teil der Meßlänge ein, wenn der Querschnitt des Stabes groß ist, und nur einen kleinen Teil der Meßlänge bei kleinem Querschnitt. Soll also das Material an sich, unabhängig von der Größe des Querschnitts, beurteilt werden, so muß von einem Stab mit größerem Querschnitt mehr Bruchdehnung als von einem Stab mit kleinerem Querschnitt (immer bei 20 cm Meßlänge) verlangt werden. Im Grundsatz war diese Frage geklärt, tatsächlich wurde der geschilderte Zusammenhang oft übersehen.

a b c d

RZ305Z1

Abb. 1. Proportionalstäbe mit quadratischem (*a*) oder schmalerem Querschnitt (*b*) (im letztgen. Falle Meßlänge 200 mm), Kurzstab (*c*) und kleiner Zerreißstab (*d*).

Die Vereinigung der Großkesselbesitzer erklärte sich bereit, die Kosten von Versuchen zu übernehmen, die zahlenmäßige Unterlagen dafür schaffen sollten, welche Bruchdehnung für Stäbe mit großem Querschnitt aus dicken Kesselblechen verlangt werden kann, ohne die Walzwerke unzulässig zu belasten.

Der Verband der Grobblechwalzwerke übernahm die kostenlose Lieferung der Bleche.

Eingeliefert wurden acht Blechtafeln von 1,2 × 1,2 m² mit je drei Festigkeiten, insgesamt also 24 Probebleche, s. Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Probebleche.

		Festigkeit		
		I kg/mm²	II kg/mm²	III kg/mm²
A	10	40	44	44
B	20	36	42	46
C	25	34	40	49
D	30	35	41	44
E	35	34	40	45
F	40	37	43	44
G	45	36	42	46
H	60	35	43	43

Aus diesen Blechtafeln wurden folgende Stäbe herausgesägt:

Abb. 2. Versuchsergebnisse.

○ G I 28
s = 45 mm

— G II 28
s = 45 mm

○ G II 28
s = 45 mm

— G III 32
s = 45 mm

○ Längsstäbe
— Querstäbe
s Blechdicke

— G I 40
s = 45 mm

— G II 40
s = 45 mm

○ G III 40
s = 45 mm

— G I 45
s = 45 mm

— G II 45
s = 45 mm

○ G III 45
s = 45 mm

— G III 45
s = 45 mm

— H I 40
s = 45 mm

— H II 40
s = 45 mm

— H II 60
s = 45 mm

Abb. 4. Bruchflächen von Stäben, deren Versuchsergebnisse zwischen den beiden strichpunktierten Kurven, Abb. 2, liegen.

○ C II 12
s = 25 mm

– D III 10
s = 30 mm

– G III 28
s = 45 mm

– G I 32
s = 45 mm

Abb. 3. Bruchflächen von Stäben, deren Versuchsergebnisse in Abb. 2 unter der gestrichelten Wagerechten und unter der untersten strichpunktierten Kurve liegen.

○ Längsstäbe
– Querstäbe
s Blechdicke

– G II 32
s = 45 mm

– G III 40
s = 45 mm

RZ 305 Z 3

– H I 60
s = 60 mm

1. Meßlänge 200 mm, Stabbreite 32 mm,
2. Meßlänge 200 mm,
   Stabbreite beim 10 mm dicken Blech 60 mm,
   bei 20 und 25 mm dicken Blechen 50 mm,
   für die übrigen Bleche 40 mm,
3. Meßlänge $l = 5{,}65 \sqrt{f}$,
4. Meßlänge $l = 11{,}3 \sqrt{f}$, Breite gleich Blechdicke,
5. Meßlänge 200 mm, Breite so groß, daß sie der Beziehung $200 = 11{,}3 \sqrt{f}$ entspricht.

Abb. 1 zeigt, wie verschieden die Abmessungen der Stäbe ausfallen. Der größte Stab ist ein Proportionalstab (Nr. 4), der nächste ein Proportionalstab mit 314 mm² Querschnitt (Nr. 5), der dritte ein „Kurzstab" nach Nr. 3, der kleinste Stab stammt von andern Versuchen (mit eisernen Patronenhülsen) und ist des Gegensatzes halber angeführt. Auf die Einzelheiten der Versuche braucht an dieser Stelle nicht eingegangen zu werden, vielmehr sind die Mitteilungen auf die Ergebnisse beschränkt.

Es handelte sich darum, einen Vergleichmaßstab für die verschiedenen Bleche und Stäbe zu finden. Einen solchen scheint die Verwendung von zwei Angaben zu bieten. Einmal enthalten die bisherigen Materialvorschriften folgende Zahlentafel über die zu verlangenden Bruchdehnungen:

Zahlentafel 2. Vorgeschriebene Bruchdehnungen.

Festigkeit kg/mm²	46 und mehr	45	44	43	42	41 bis 37	36	35	34
Dehnung vH	20	21	22	23	24	25	26	27	28.

Zu jeder bei der Prüfung eines Stabes ermittelten Festigkeit gehört also eine ganz bestimmte Bruchdehnung, die gleich eins gesetzt wird.

Durch frühere Versuche [Z. Bd. 60 (1916) S. 854)] war der Zusammenhang zwischen Größe des Querschnitts und Bruchdehnung gekennzeichnet; so kann jede der in Zahlentafel 2 gleich eins gesetzten Dehnungen, die für den Querschnitt 314 mm² gilt, auf den tatsächlich vorhandenen Stabquerschnitt umgerechnet werden. Auf diese Weise findet sich die oberste Linie in Abb. 2. Die gestrichelte Wagerechte entspricht dem oben gekennzeichneten Wert 1. Die beiden strichpunktierten Kurven sind durch Dreiteilung des Abstandes zwischen der Wagrechten und der obersten Kurve entstanden.

In Abb. 2 sind die Versuchswerte eingezeichnet. Deutlich ist zu erkennen, daß die meisten Stäbe Werte lieferten, die über der obersten Kurve liegen. Das bedeutet nichts andres, als daß die zugehörigen Bleche größere Dehnungen geliefert haben, als in den Materialvorschriften (Zahlentafel 2) verlangt wird. Diese Anforderungen werden ja leicht befriedigt.

Ganz wenige Punkte liegen in der Nähe der Wagerechten. Abb. 3 zeigt die Bruchquerschnitte der zugehörigen Stäbe. Ihre Beschaffenheit dürfte das Material für den Kesselbau ungeeignet scheinen lassen. Dasselbe dürfte für die in Abb. 4 wiedergegebenen Stäbe gelten, deren Dehnungen zwischen den beiden strichpunktierten Kurven liegen. Diese Bleche und Versuche sollten daher für die Beurteilung der vorliegenden Frage ausgeschieden werden. Abb. 5 bezieht sich auf Stäbe, deren Dehnungen unterhalb der voll ausgezogenen Kurve liegen. Nach den bisher geltenden Anschauungen würde auch dieses Material besser nicht zum Kesselbau verwendet werden.

Dies führt zu der Anschauung, daß die vollausgezogene Linie in Abb. 2 die Anforderungen kennzeichnet, die

Abb. 5. Bruchflächen von Stäben, deren Versuchsergebnisse zwischen der obersten (voll ausgezogenen) und der zweitobersten Kurve, Abb. 2, liegen.

○ Längsstäbe
— Querstäbe
s Blechdicke

— F III 32 s = 40 mm

— F II 40 s = 40 mm

— G I 28 s = 45 mm

○ G III 28 s = 45 mm

○ G III 32 s = 45 mm

○ G II 40 s = 45 mm

○ G II 45 s = 45 mm

an die Kesselbleche bei verschiedenen Festigkeiten und Querschnitten zu stellen sind. Bedenkt man jedoch, daß bei dicken Blechen und breiten Stäben leichter Ungleichmäßigkeiten bei der Prüfung zum Ausdruck gelangen, so erscheint es angemessen, gegenüber den oben bezeichneten Werten eine gewisse Erleichterung einzuräumen, z. B. dadurch, daß man als Anforderung an die Dehnung nicht die oberste Linie in Abb. 2, sondern eine tieferliegende Kurve wählt. Im Hinblick auf Abb. 5 scheint es aber nicht wohl angängig, unter die oberste der strichpunktierten Kurven zu gehen.

Diese Anforderungen dürften von leistungsfähigen Walzwerken, die für die Herstellung von dicken Kesselblechen eingerichtet sind, leicht erreicht werden, wie aus Abb. 2 hervorgeht. Weniger gute Stäbe gehören in Deutschland zu den Ausnahmen, die hier besonders zu kennzeichnen waren, um den richtigen Maßstab zu gewinnen.

Im übrigen haben die Versuche gezeigt, daß schmale Stäbe aus dicken Blechen etwas günstigere Ergebnisse als breite Stäbe liefern. Wird der Querschnitt von 314 mm² nicht wesentlich überschritten, so kann dann die Anforderung der Zahlentafel 2 ohne Änderung beibehalten werden. Rücksichten auf die Herstellung der Stäbe oder auf die vorhandene Zerreißmaschine führen jedoch häufig zu Stäben mit großem Querschnitt. Für diese müssen dann die größeren Dehnungswerte verlangt werden.

[B 305]

Die Quecksilbergruben von Almadén.

Die Quecksilbergruben von Almadén, einer Stadt mit 12 000 Einwohnern der spanischen Provinz Ciudad Real, die 10 km von dem nächsten Bahnhof entfernt liegt, sind nach Plinius schon von den Griechen ausgebeutet worden. Sie waren dann im Besitz der Römer und der Mauren; im Mittelalter hatten sie einige Zeit die Fugger gepachtet, später wurden sie an Rothschild in London verpfändet. Seit 1921 sind sie in spanischem Staatsbesitz.

Das Erzlager tritt in Tonschieferschichten und Quarziten auf, die zum Teil in Sandstein übergehen und von Eruptivgestein durchbrochen werden. Das Quecksilber ist in Form von Cinnabaryt, selten in Form von gediegenem Quecksilber im Sandstein und in den Quarziten vorhanden, wobei der Durchschnittsgehalt der geförderten Erze 6 bis 7 vH Quecksilber beträgt. Nach Schätzungen sind noch 130 000 m³ Erzvorräte vorhanden, die rd. 30 000 t Quecksilber enthalten, wovon zur Zeit jährlich etwa 1100 t gefördert werden. Da die unternommenen Bohrversuche von der 12. Sohle aus in der größten Tiefe von 350 m keine Änderung in der Erzbeschaffenheit ergaben, wird angenommen, daß in noch größerer Tiefe mächtige Erzlager vorhanden sind.

Die meisten der in den Quecksilberbergwerken von Almadén beschäftigten Arbeiter gehören seit langer Zeit ansässigen Grubenarbeiterfamilien an; der Körper dieser Leute hat sich an die schädlichen Einflüsse der Quecksilberdämpfe gewöhnt und sich ihnen angepaßt. Neu zugezogene Arbeiter unterliegen schneller den schädlichen Einflüssen, die sich verschieden äußern. Dabei tritt ein allgemeiner Kräfteverfall ein, der zu einem schnellen Tode führt. Um die Gesundheitsschädigung auf ein Mindestmaß herabzusetzen, hat man monatlich nur sieben Schichten Grubenarbeit und sieben Schichten Übertagarbeit erlaubt. Die Arbeiter verdienen hierbei monatlich 200 Pesetas = 110 ℳ und können sich in den Feierschichten durch Feldarbeit Nebenverdienst schaffen.

Das Quecksilbererz von Almadén hat den 3- bis 5fachen Gehalt an Quecksilber wie das der übrigen Quecksilbergruben der Welt. Trotzdem beträgt die gewonnene Menge nur 20 bis 35 vH der Weltherstellung. Der Grund hierfür sind die hohen Gewinnungskosten, die sich in den letzten fünfzehn Jahren verdoppelt haben, sowie einfache Erzgewinnungsverfahren und mangelhafte Gesundheitseinrichtungen. Durch Verbesserung dieser beiden letzten Punkte und der Verhüttungseinrichtungen könnten die Arbeitsleistungen erhöht werden.

Das Quecksilber wird in 30 bis 40 kg fassenden zylindrischen Gefäßen versandt, die wegen der Neigung des Quecksilbers, leicht zu verdampfen, gut verschlossen sein müssen. („Metall und Erz", Bd. 22 (1925) S. 75.) [N 277] **Gw.**

Die Bestimmung der Zähigkeit des Wasserdampfes[1].

Von Dr.-Ing. H. Speyerer, Wien.

Mitteilung aus dem Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule zu Karlsruhe.

Die Zähigkeit des Wasserdampfes wurde nach dem Durchflußverfahren von Sättigungsnähe bis 350 °C und von 1 bis 10 at abs bestimmt. Es ergab sich ein lineares Ansteigen ihres Beiwertes mit der Temperatur. Von 1 bis 6 at abs wurde auch ein lineares Ansteigen mit dem Drucke, von 6 bis 10 at abs eine etwas stärkere Zunahme gefunden. Für den Druckabfall in rauhen Rohren wurde nach vorliegenden Versuchen eine dem Ähnlichkeitsgesetz entsprechende und den Einfluß des Rohrdurchmessers richtig wiedergebende Formel angegeben

Die Versuche, über die im nachstehenden berichtet wird, sind auf Veranlassung des Direktors des Maschinenlaboratoriums der Technischen Hochschule Karlsruhe, Prof. Dr.-Ing. Nusselt, ausgeführt worden. Die Karlsruher Hochschulvereinigung und die Helmholtz-Gesellschaft zur Förderung der physikalisch-technischen Forschung E.V. haben durch Bewilligung von Geldmitteln und die Mannheimer Gummi-, Guttapercha- und Asbest-Fabrik A.-G. durch kostenlose Überlassung einer größeren Menge Asbestpapier und Asbestschnur die Ausführung der Versuche ermöglicht. Auch an dieser Stelle sei hierfür der Dank des Laboratoriums zum Ausdruck gebracht.

Zur Berechnung des Spannungsabfalles in Dampfleitungen liegen nur zwei Versuchsreihen vor, eine ältere von Gutermuth und eine neuere von Eberle. Die darin angegebenen Beiwerte unterscheiden sich um über 40 vH. Inzwischen ist die Theorie der Rohrreibung wesentlich erweitert worden. Man hat erkannt, daß bei gleicher Rauheit der Rohrreibungsbeiwert nur von einer dimensionslosen Größe, der Reynoldsschen Zahl, abhängt.

Da in der Reynoldsschen Zahl Durchmesser des Rohres, Zähigkeit und spezifisches Gewicht des strömenden Stoffes enthalten sind, so besagt das Reynoldssche Gesetz, daß bei der gleichen Reynoldsschen Zahl der Rohrreibungsbeiwert konstant und von dem strömenden Stoff unabhängig ist. Demzufolge kann aus Versuchen über den Spannungsabfall in Rohrleitungen, die mit den verschiedensten Flüssigkeiten und Gasen und bei den verschiedensten Rohrdurchmessern angestellt worden sind, der Spannungsabfall für irgendeinen anderen Stoff bei gegebener Durchflußmenge berechnet werden, wenn dessen Zähigkeit und spezifisches Gewicht bekannt sind. Umgekehrt kann aber auch der Spannungsabfall in einer Rohrleitung gemessen und die Durchflußmenge daraus berechnet werden. Da über die Zähigkeit des Wasserdampfes nur vier Versuche unter 30 °C vorlagen, war es bis jetzt nicht möglich, den Druckabfall bei der Fortleitung von gespanntem Wasserdampf oder die Durchflußmenge bei gemessenem Druckabfall zu berechnen.

Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Wärmeübergang. Die von Nusselt entwickelte Theorie des Wärmeüberganges im Rohr ermöglicht es, für ein beliebiges Gas die im Rohr ausgetauschte Wärme zu berechnen, wenn dessen Zähigkeit bekannt ist.

[1] Auszug aus einem Bericht, der als Forschungsheft des Vereines deutscher Ingenieure erscheint.

Es mag auffallend scheinen, daß trotz der außerordentlichen Wichtigkeit des Wasserdampfes als Wärme- und Energieträger in der Technik eine so oft gebrauchte physikalische Konstante wie der Zähigkeitsbeiwert im technisch wichtigen Bereich noch nicht ermittelt worden ist. Der Hauptgrund hierfür dürfte in der Schwierigkeit seiner Bestimmung bei Dampf von höherer Temperatur und unter Druck gelegen haben.

Zur Bestimmung der Zähigkeit kommt in erster Linie das Durchflußverfahren in Frage. Es besteht darin, daß man den zu untersuchenden Stoff unter gleichbleibendem Druck durch eine Kapillare fließen läßt. Aus dem Druckabfall, der Durchflußmenge und den Maßen des Rohres kann dann die innere Reibung ermittelt werden. Außerdem kann sie auch aus dem Energieverbrauch einer in dem Gase langsam bewegten oder schwingenden Masse (Scheibe, Zylinder oder Kugel) bestimmt werden. Das logarithmische Dekrement ist in diesem Falle der Zähigkeit verhältnisgleich. Bei den hier behandelten Karlsruher Versuchen wurde das Durchflußverfahren gewählt.

Die Versuchsanordnung.

Die Versuchseinrichtung ist aus Abb. 1 ersichtlich. Der Dampf wurde in einem kleinen Kessel *a* von rd. 15 l Wasserinhalt mit Hilfe von zwei Bunsenbrennern erzeugt und durchströmte dann einen einfachen Wasserabscheider[2]), Abb 2, an den ein Nadelventil angeschlossen war. Das Ventil war so weit geöffnet, daß das mitgerissene Wasser abfließen konnte. Es wurde aber auch zum feinen Einregeln des Druckes benutzt. Der Dampf trat in eine 7 m lange Kupferrohrspirale *b*, s. a. Abb. 3, von 5 mm l. W. und 1 mm Wanddicke, in der er durch eine Bunsenflamme überhitzt wurde, und dann in einen elektrischen Über-

[2]) Vergl. Sendtner, Mitt. über Forschungsarb. Heft 98 u. 99 S. 52 Abb. 2, und K. Hencky, Z. d. Bayer. Revisionsvereines 1920 Bd. 24 S. 165.

Abb. 2. Wasserabscheider.

Abb. 1. Schema der Versuchseinrichtung.

a Kessel *b* Kupferrohrschlange *c* elektrischer Überhitzer *d* Versuchsrohr *e* Nadelventil *f* Kondensator *g* Flüssigkeits-Differentialmanometer mit Alkohol *h* Glasrohr *i* Bombe *k* Manometer.

Abb. 3. Überhitzerrohrschlange.

hitzer *c*, s. Abb. 4, aus ½zölligem Gasrohr, worin er auf die gewünschte Temperatur eingeregelt wurde. Hier war auch ein im Dampfstrom liegendes Thermoelement angeordnet, mit dem die Höhe und Unveränderlichkeit der Dampftemperatur beobachtet werden konnte.

Vom Überhitzer gelangte der Dampf in das durch Überwurfmutter mit dem Überhitzer verschraubte Versuchsrohr *d*, Abb. 1, ein, hart gezogenes Messingrohr von 2,4 m Länge, 2 mm l. W. und 2 mm Wanddicke. Als Beruhigungsstrecke für Strömungsstörungen an den Rohrenden dienten je 20 cm am Anfang und Ende des Rohres, als Meßstrecke das mittlere Stück von etwa 2 m Länge. Am Ende des Rohres war ein Nadelventil *e* zum Regeln der Durchflußmenge und hieran der Kondensator *f*, mit Überwurfmuttern verschraubt, angeschlossen.

Als Kondensator diente ein Messingrohr von 7 mm l. W., 0,5 mm Wanddicke und 60 cm Länge mit einem darübergeschobenen, mit durchbohrten Korkstopfen gedichteten Glasmantel, durch den das Kühlwasser im Gegenstrom geleitet wurde. Das Versuchsrohr wurde auf seiner ganzen Länge elektrisch geheizt und auf unveränderlicher Temperatur gehalten, die längs des Rohres durch sechs auf der Rohroberfläche angebrachte Thermoelemente beobachtet wurde.

Das Rohr wurde zunächst mit Asbestpapier von etwa 0,3 mm Dicke in einer 5 mm dicken Schicht umwickelt. Alsdann wurden zwei parallel geschaltete Heizdrähte (Konstantandrähte von je 5 m Länge, 0,5 mm Dmr. und 15 Ω Widerstand) möglichst gleichmäßig auf das Rohr in Windungen aufgebracht und durch eine erneute Asbestpapierschicht elektrisch und gegen Wärmeverlust isoliert, Abb. 5. Die Heizung des Überhitzers war in ähnlicher Weise hergestellt.

Die Aufgabe war, den Druckabfall in der Meßstrecke zu bestimmen. Da das Anbohren des Rohres bei seinem kleinen Durchmesser schwierig gewesen wäre, wurde die Meßstrecke aus dem Versuchsrohr herausgeschnitten, die Stirnflächen sorgfältig abgedreht und der innere Grat entfernt. Hierauf wurde die Anlaufstrecke und die Meßstrecke (ebenso die Auslaufstrecke) mit 0,2 mm Abstand axial in eine Messingmuffe gesteckt und hart verlötet, Abb. 6. Von den Spaltstellen führten Kupferrohre von 2 mm l. W. nach dem Differentialmanometer *g* mit Alkohol als Meßflüssigkeit, Abb. 1.

Das Manometer bestand aus einem Eisengefäß von 8 cm Dmr. und 6 cm Höhe, an das seitlich, durch Gummistopfbüchsen abgedichtet, eine Glasröhre von 1,12 cm l. W. lotrecht angebracht war; hinter der Röhre konnte an einem auf trockenem Holze befestigten Papiermaßstab der Stand der Alkoholsäule abgelesen werden. Der Raum über dem Alkohol im Gefäß stand mit der vorderen, das Glasrohr mit der hinteren Spaltstelle in Verbindung, so daß die im Glasrohr über dem vorher festzustellenden Nullpunkt stehende Alkoholsäule den Druckabfall im Rohr angab.

Da der Wasserdampf über dem Alkohol kondensiert worden wäre, wurde in die von den Spaltstellen nach dem Manometer führenden Kupferrohre je ein Glasrohr *h*, Abb. 1 und 7, von rd. 4 mm l. W. und 30 cm Länge eingeschaltet, in dem man etwas Wasserdampf kondensieren ließ[1]). So entstand eine Wassersäule von 1 bis 5 cm Länge, die innerhalb des Glasrohres möglichst an derselben Stelle gehalten werden mußte. Dies wurde durch Zugabe von Druckluft aus einer Bombe *i*, Abb. 1, in die Leitung zwischen Wassersäule und Alkoholmanometer unter entsprechender Betätigung von Nadelventilen erreicht. Zwischen Versuchsrohr und Glasrohren wurden die Kupferrohre in gleicher Weise wie oben angegeben geheizt. An die vordere Spaltstelle wurde auch das Manometer *k* zur Bestimmung des Überdruckes angeschlossen.

Ausführung der Versuche.

Die Heizung des Überhitzers und des Versuchsrohres wurde einige Stunden vor Beginn des Versuches auf die gewünschte Temperatur eingeregelt. Der Dampfkessel wurde angeheizt und die über dem Wasser lagernde Luft durch kräftiges Abblasen durch das Sicherheitsventil entfernt. Hierauf wurde das zwischen Kessel und Überhitzer angeordnete Ventil langsam geöffnet und die Dampftemperatur an dem im Überhitzer kurz vor dem Eintritt in das Versuchsrohr angeordneten Thermoelement geprüft.

Mit einem Versuche konnte erst begonnen werden, wenn die Anzeigen sämtlicher Thermoelemente um höchstens 5 °C von einander abwichen. Im allgemeinen betrugen die Unterschiede 1 bis 4 °C. Da die Temperatur gegen die Rohrenden bei höherer Rohrtemperatur etwas abfiel, wurde über der äußersten Asbestpapierschicht der Anlaufstrecke und der Spaltstellen durch Umwickeln mit Konstantandraht eine Zusatzheizung angebracht und entsprechend mit Strom beschickt.

Nach Eintritt des Beharrungszustandes konnten dann die nach dem Differentialmanometer führenden Ventile vorsichtig geöffnet werden, nachdem zuvor

[1]) Vorschlag von Herrn Prof. Nusselt.

Abb. 4. Elektrischer Überhitzer.

Abb. 5. Elektrische Heizung des Versuchsrohres und Einbaustelle eines Thermoelementes.

Abb. 7. Glasrohr, eingebaut zwischen Spaltstelle, Abb. 6, und Alkoholmanometer.

Abb. 6. Spaltstelle zur Messung des Druckes.

die Leitungen zum Manometer beiderseits mit Druckluft entsprechend dem gerade herrschenden Dampfdruck aufgefüllt waren. An dem Differentialmanometer konnte alsdann der sich einstellende Druckabfall in mm Alkoholsäule abgelesen werden. Die im Kondensator in einer bestimmten Zeit niedergeschlagene Dampfmenge wurde in einem Meßgefäß aufgefangen, während gleichzeitig die Manometerstände jede Minute abgelesen wurden. Die Durchflußmenge schwankte zwischen 0,3 und 4 g/min, die Versuchsdauer zwischen 5 und 15 min. Eine Zähigkeitsbestimmung erforderte 3 bis 8 Einzelversuche bei verschiedener Durchflußmenge, wobei diese dem Druckabfall verhältnisgleich gefunden werden mußte.

Auswertung der Versuche.

Die Versuche wurden nach der Poiseuilleschen Formel ausgewertet. Diese setzt voraus, daß die von den Druckkräften geleistete Arbeit nur zur Überwindung des Reibungswiderstandes paralleler Stromfäden im Rohr verwandt wird. Dies wird erreicht durch Einbau der An- und der Auslaufstrecke und dadurch, daß die Reynoldssche Zahl den empirisch gefundenen Wert von[1])

$$R_k = \frac{4\,G}{\pi\, d\, \eta\, g} = 2320$$

nicht überschreitet. Die Formel lautet:

$$\eta = \frac{\pi\, d^4 \Delta p}{128\, l\, V} = \frac{\pi\, d^4 \Delta p\, \gamma}{128\, l\, G}\ \frac{\text{kg s}}{\text{m}^2} \quad \ldots\ldots \quad (1),$$

wobei Δp = Druckabfall in kg/m²
γ = spezifisches Gewicht in kg/m³,
l = Länge der Meßstrecke in m,
V = Durchflußmenge in m³/s,
G = Durchflußgewicht in kg/s,
g = 9,81 = Erdbeschleunigung in m/s²,
d = Durchmesser des Versuchsrohres in m.

[1]) Vergl. Schiller, Mitt. über Forschungsarbeiten Heft 248. S. 1 u. f.

Zahlentafel 1. Zähigkeit des Wasserdampfes η, abhängig von Druck und Temperatur.

Versuch Nr.	Tag	Druck p at abs	Temperatur t °C	Zähigkeit (Techn. Maßsyst.) $10^8\,\eta$ kg s m⁻²	Zähigkeit (C. G. S.-System) $10^6\,[\eta]$ Dynen s cm⁻²
1	23. April 1923	1,077	107,6	132,1	129,5
2	18. „ „	1,074	114,3	131,6	129,1
3	20. „ „	1,073	167,8	153,0	150,0
4	19. „ „	1,080	168,9	155,0	152,0
5	3. Mai „	1,077	219,2	172,3	168,9
6	1. „ „	1,082	280,5	196,2	192,4
7	1. „ „	1,080	293,5	202,7	198,6
8	26. April „	1,072	341,3	218,2	214,0
9	30. „ „	1,078	343,5	220,7	216,3
10	21. Juni „	1,072	195,4	164,0	160,8
11	14. Juli „	2,013	144,0	145,5	142,7
12	11. „ „	2,013	150,5	149,3	146,4
13	10. „ „	2,011	267,7	196,0	192,1
14	6. „ „	2,013	316,3	210,2	206,0
15	12. Oktober „	1,926	186,0	162,9	159,7
16	30. Juli „	4,036	157,2	158,1	155,0
17	25. „ „	4,039	250,5	192,4	188,6
18	26. „ „	4,037	307,9	214,0	209,9
19	11. Septbr. „	4,023	248,3	189,6	186,0
20	12. „ „	6,045	250,8	193,0	189,2
21	14. „ „	6,012	347,8	228,7	224,2
22	24. „ „	6,040	188,7	172,5	169,1
23	25. „ „	6,040	192,5	170,4	167,0
24	23. Oktober „	5,920	195,2	172,5	169,1
25	21. Septbr. „	6,040	196,4	168,8	165,5
26	8. Novbr. „	8,220	291,3	211,6	207,3
27	10. „ „	8,130	339,7	194,9	191,0
28	7. „ „	10,03	249,7	209,7	205,6
29	3. „ „	10,07	256,0	210,2	206,2
30	2. „ „	10,11	261,6	207,3	203,2
31	2. „ „	10,07	276,1	212,8	208,6
32	1. „ „	10,07	279,4	214,6	210,3

Die Versuche Nr. 16, 17 und 18 liegen unter dem Einfluß einer kleinen Undichtheit der Versuchsanlage etwa 1,5 vH zu hoch. Der nach Überholung der Versuchseinrichtung angestellte Versuch Nr. 19 ergab richtige Werte, die den erwarteten Abstand von dem tags darauf angestellten Versuch Nr. 20 einhalten. Die Versuche Nr. 15 und 22 bis 32 sind nach dem Fließen des Versuchsrohres ausgeführt und wurden deshalb mit einem Zuschlag von 3,9 vH versehen.

Dabei ist die Zähigkeit η als diejenige Kraft gekennzeichnet, die zwei Flüssigkeitsschichten von der Flächeneinheit aufeinander ausüben, wenn sie mit dem Geschwindigkeitsunterschied 1 im Abstande 1 aneinander vorbeibewegt werden.

Die Abmessungen des Rohres gehen als Konstante in die Formel für η ein. Der Durchmesser wurde an einem kleinen Rohrstücke zuerst optisch bestimmt. Aus acht Messungen, bei denen das Rohr jeweils um etwa gleiche Winkel gedreht wurde, ergab sich als Mittelwert d = 1,970 mm. Eine dreimal wiederholte Kalibrierung eines 20 cm langen Rohrstückes mit Quecksilber ergab d = 1,968 mm. In der vierten Potenz [vergl. Gl. (1)] bedeutet das einen Unterschied der beiden Bestimmungsarten von 0,4 vH. Gerechnet wurde mit d = 1,968.

Während der Ausführung der Versuche bei 6 at abs, nachdem das Rohr mehrere Male auf 350 °C geheizt war, wurde der Zähigkeitsbeiwert um etwa 4 vH zu klein berechnet. Eine Eichung mit Luft ergab, daß auch die Zähigkeit der Luft um 4,6 vH zu klein bestimmt wurde, während zwei frühere Nachprüfversuche mit Luft richtige Werte ergeben hatten. Da Undichtigkeiten oder sonstige Fehler nicht gefunden werden konnten, mußte angenommen werden, daß infolge des oft wiederholten Heizens auf hohe Temperaturen ein Fließen[2]) des Messings eingetreten war, und daß sich dadurch der Durchmesser des Rohres vergrößert hatte.

Nach Beendigung der Versuche wurden aus dem Rohr zwei um etwa 1,50 m auseinanderliegende Rohrstücke herausgeschnitten und kalibriert. Es ergab sich d = 1,984 mm, also war tatsächlich eine Vergrößerung des Durchmessers um 8,1 vT eingetreten. In der vierten Potenz entspricht das einem Unterschied von 3,2 vH gegenüber dem von 4,6 vH, der sich aus den Luftversuchen ergeben hatte.

Da den Luftversuchen keine größere Genauigkeit als 1 vH zugesprochen werden kann, wurden die nach dem Fließen des Rohres angestellten Versuche mit einem Zuschlag von 3,9 vH umgerechnet. Dabei stimmten dann auch die mit Dampf angestellten Nachprüfversuche mit früheren Ergebnissen am besten überein.

Die in der Poiseuilleschen Formel erscheinende Länge l der Meßstrecke wurde zu 1,998 m bestimmt. Den Druckabfall Δp erhält man aus dem am Alkoholmanometer abgelesenen Δh durch Multiplizieren mit dem spezifischen Gewicht des Alkohols und dem Beiwert des Manometers von 1,0198. Das spezifische Gewicht des Dampfes wurde

[2]) Vergl. Dittenberger, Z. Bd. 46 (1902) S. 1535.

Zahlentafel 2. Werte von $\eta \cdot 10^8$ kg s m⁻², abhängig von Druck und Temperatur.

Druck . . . . . p =	1	2	4	6	8	10
Sättigungstemperatur t_s =	99,1	119,6	142,9	158,1	169,6	179,0
t °C: ts	127,9	137,6	149,6	159,0	168,2	179,4
110	131,7	—	—	—	—	—
120	135,5	137,7	—	—	—	—
130	139,3	141,4	—	—	—	—
140	143,1	145,1	—	—	—	—
150	146,8	148,8	152,2	—	—	—
160	150,6	152,5	155,9	159,6	—	—
170	154,4	156,3	159,6	163,3	168,3	—
180	158,2	160,0	163,2	167,0	172,0	179,7
190	162,0	163,8	166,9	170,6	175,7	183,3
200	165,8	167,5	170,6	174,2	179,3	186,9
210	169,6	171,2	174,3	178,0	183,0	190,5
220	173,3	175,0	178,1	181,7	186,6	194,2
230	177,1	178,8	181,9	185,3	190,2	197,8
240	180,9	182,6	185,7	189,0	193,9	201,4
250	184,7	186,3	189,4	192,8	197,5	205,0
260	188,5	190,1	193,1	196,4	201,1	208,6
270	192,3	193,9	196,8	200,1	204,8	212,1
280	196,0	197,7	200,5	204,8	208,4	215,8
290	199,8	201,4	204,2	207,5	212,0	219,3
300	203,6	205,1	207,9	211,2	215,7	222,9
310	207,4	208,9	211,5	214,9	219,3	226,4
320	211,2	212,8	215,2	218,6	223,0	230,0
330	215,0	216,5	219,0	222,3	226,6	233,7
340	218,8	220,2	222,8	226,0	230,2	237,3
350	222,5	224,0	226,6	229,7	233,9	241,0

Abb. 8. η-Isobaren im η, t-Diagramm.

Abb. 9. η-Isothermen im η, p-Diagramm.

nach der Mollierschen Zustandsgleichung für überhitzten Wasserdampf berechnet. Die Durchflußmenge G bestimmte man durch Wägung auf $^1/_{100}$ g. Die Alkoholsäule wurde von der jeweiligen Temperatur des Versuchsraumes auf 15 °C (Temperatur, bei der das spezifische Gewicht des Alkohols bestimmt wurde) unter Annahme eines Ausdehnungsbeiwertes von 1,04 vT umgerechnet. Die thermische Ausdehnung des Versuchsrohres wurde ebenfalls berücksichtigt.

Die nach Gl. (1) berechneten Ergebnisse der Versuche sind in Zahlentafel 1 enthalten, und zwar die Zähigkeit η abhängig von Druck und Temperatur. Wie aus Abb. 8 zu ersehen ist, ergab sich eine lineare Zunahme der Zähigkeit mit der Temperatur. Abb. 9 läßt erkennen, daß von 1 bis 6 at abs die Zähigkeit auch linear mit dem Druck wächst, während von 6 bis 10 at abs eine stärkere Zunahme gefunden wurde.

Bei der Interpolation der Versuchspunkte durch gerade Linien im η, t-Diagramm war bei Berücksichtigung der unvermeidlichen Versuchsfehler so auszugleichen, daß auch im η, p-Diagramm stetige Linien entstanden. Die Annäherung an den Gaszustand zeigt sich in dem Zusammenstreben der η-Isobaren in Abb. 8 und in der geringeren Neigung der Isothermen in Abb. 9 mit zunehmender Temperatur. Die Versuche bei 8 und 10 at abs konnten nicht mehr über den ganzen Temperaturbereich ausgedehnt werden, weil unter 250 °C der Spannungsabfall zu gering war, während von 300 °C an eine weitere Veränderung des Versuchsrohres hätte befürchtet werden müssen. Die nach der Methode der kleinsten Quadrate durch die Versuchspunkte bei 1 at abs gelegte Gerade hat die Gleichung

$$10^8 \eta = 127{,}92 + 0{,}3785\,(t - 100)\,\frac{\text{kg s}}{\text{m}^2} \quad . \; . \; . \; . \quad (2).$$

Zahlentafel 2 enthält die Werte von η im untersuchten Bereich von 10 zu 10 °C.

Die sich aus Gl. (2) ergebende Temperaturabhängigkeit stimmt mit der von Sutherland[1]) geforderten überein. Er leitete auf theoretischem Wege die Beziehung ab:

$$\eta = \eta_0 \frac{1 + \frac{C}{273}}{1 + \frac{C}{T}} \sqrt{\frac{T}{273}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3).$$

In dieser Gleichung bedeutet η_0 die Zähigkeit bei 0 °C, während C eine jedem Gas eigentümliche Konstante ist. Mit $C = 673$ und $\eta_0 = 88{,}5 \cdot 10^{-8}$ bleibt der Unterschied zwischen Gl. (2) und (3) unter 4 vT.

Die bisher mit Wasserdampf angestellten vier Zähigkeitsbestimmungen[2]) stimmen sowohl mit Gl. (2) als mit Gl. (3) gut überein. Auf Grund der Abhängigkeit der inneren Reibung vom Drucke hätte man allerdings erwarten sollen, daß diese Zähigkeitswerte 1 bis 2 vH kleiner gefunden worden wären.

[1]) Vergl. Jaeger, Fortschritte der kinetischen Gastheorie, 1919.
[2]) Vergl. Landolt-Börnstein, Physikalisch-Chemische Tabellen. 1923 S. 175.

Der Druckabfall in Rohren im turbulenten Gebiet.

Die Forderung der technischen Praxis, große Mengen von Flüssigkeiten, Gasen und Dämpfen fortzuleiten, bringt es mit sich, daß in technischen Rohrleitungen im allgemeinen turbulente Strömung herrscht. Das starke Bedürfnis nach einer Formel zur Berechnung des Druckverlustes war der Anlaß, daß auf diesem Gebiet eine große Zahl von Versuchen vorliegt. Trotzdem ist es bis jetzt noch nicht geglückt, diese Frage vollkommen zu lösen. Ein Grund hierfür liegt darin, daß es lange Zeit an einer exakten Theorie gefehlt hat. Erst in neuerer Zeit haben Nusselt[3]) und Blasius[4]), aufbauend auf den theoretischen und experimentellen Ergebnissen Reynolds'[5]), die Frage des Druckabfalles strömender Flüssigkeiten im Rohr grundlegend geklärt. Das von ihnen erstmals in dieser Form angewandte Ähnlichkeitsgesetz sagt aus, daß in glatten Rohren, wenn wir das Gesetz der Einfachheit wegen zunächst für diesen Fall aussprechen, zwei Strömungsvorgänge dann und nur dann einander ähnlich sind, wenn der dimensionslose Ausdruck der Reynoldsschen Zahl

$$R = \frac{w\,d\,\gamma}{\eta\,g} = \frac{w\,d}{\nu} \quad \text{worin} \quad \nu = \frac{\eta\,g}{\gamma}$$

(w = mittlere Geschwindigkeit) für beide Fälle denselben Wert hat. Dann bleibt auch der ebenfalls dimensionslose Rohrreibungsbeiwert λ in der Gleichung

$$\frac{d\,p}{d\,l} = \lambda \frac{\gamma\,w^2}{2\,g\,d}$$

unveränderlich, das heißt λ ist dann nur abhängig von R. Über die Art des funktionellen Zusammenhanges $\lambda = f(R)$ sagt das Ähnlichkeitsgesetz nichts aus. Es bleibt also dem Versuch überlassen, diese Abhängigkeit festzustellen. Blasius fand für glatte Rohre auf Grund eigener und zahlreicher Versuche von Saph und Schoder für Wasser die Beziehung

$$\lambda = 0{,}3164\,R^{-0{,}25} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4).$$

Jakob[6]) hat an der Hand eigener sehr sorgfältiger Versuche mit Luft und Wasser die Konstanten der obigen Gleichung, allerdings nur für einen kleineren Bereich, noch genauer angegeben und damit, was vom theoretischen Standpunkt zu erwarten war, gleichzeitig nachgewiesen, daß das Ähnlichkeitsgesetz in glatten Rohren für alle Flüssigkeiten und Gase gelten muß. Seine Gleichung lautet

$$\lambda = 0{,}3270\,R^{-0{,}254} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4a).$$

In neuester Zeit haben Jakob und Erk[7]) aus Versuchen mit Wasser bis $R = 460\,000$ in Übereinstimmung mit englischen Versuchen aus dem Jahre 1914 folgende Gleichung gefunden:

$$\lambda = 0{,}00714 + 0{,}6104\,R^{-0{,}35} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4b).$$

In dem Versuchsbereich bis $R = 100\,000$, der den Bestimmungen der Konstanten von Gl. (4) und Gl. (4a) zugrunde lag, stimmen die Gl. (4), (4a) und (4b) praktisch überein. Für $R > 100\,000$ aber wird λ nach Gl. (4b) allmählich größer als nach den beiden andern Gleichungen.

Da die Gesetzmäßigkeit für den Druckabfall in glatten Rohren nunmehr festliegt, kann darauf ein Verfahren zur

[3]) Vergl. Nusselt, Mitt. über Forschungsarbeiten Heft 89 S. 5 ff.
[4]) Vergl. Blasius, Mitt. über Forschungsarbeiten 131.
[5]) Brillouin, Leçons sur la viscosité des liquides et des gazes 1907, II. Teil S. 200 ff.
[6]) Vergl. Jakob, Z. Bd. 66 (1922) S. 178 u. 864.
[7]) Vergl. Jakob u. Erk Z. Bd. 68 (1924) S. 581.

Messung strömender Flüssigkeits- und Gasmengen[1]) gegründet werden. Man hat nur den Druckverlust beim Durchströmen irgend eines glatten Rohres zu messen und daraus unter Benutzung obiger Gleichung die Durchflußmenge zu berechnen. Als glatte Rohre sind gezogene Messing- oder Kupferrohre mit mindestens 5 mm l. W. zu bezeichnen, deren Innenfläche bei der Durchsicht spiegelnd blank sein muß. Die Kenntnis der Zähigkeitswerte des Wasserdampfes soll die Bestimmung auch von strömenden Dampfmengen in bequemer und genauer Weise ermöglichen.

Ungleich schwieriger liegen die Verhältnisse beim rauhen Rohr. Hier ist der Rohrreibungsbeiwert außer von R auch von der Rohrrauhigkeit abhängig. Man findet nämlich, daß Rohre mit rauher Wandung gegenüber glatten Rohren unter sonst gleichen Verhältnissen eine Steigerung des Druckgefälles aufweisen. Nusselt[2]) begründete diese Erscheinung erstmals nach dem Ähnlichkeitsgesetz. Darnach „ist nicht der Wert der Rauhigkeit maßgebend, wie er durch unsre Sinne festgelegt wird, sondern das Verhältnis von Rauhigkeit zu Durchmesser; wir wollen das die relative Rauhigkeit nennen". Hierfür führen wir die Bezeichnung ein:

$$K = \frac{\varepsilon}{d},$$

und stellen uns dabei vor, daß ε etwa die mittlere Größe der Wanderhebungen darstellt oder ihnen verhältnisgleich ist, also die Dimension einer Länge hat, so daß K wiederum dimensionslos ist. λ ist also Funktion zweier dimensionsloser Größen

$$\lambda = f(R, K).$$

Die zahlreichen, bis in die neueste Zeit reichenden Versuche genügen jedoch zur Feststellung der Funktion von K und R nicht. Dies liegt einmal daran, daß der Exponent von R fast für jedes Rohr anders ist (er schwankt zwischen $-0{,}25$ und 0), anderseits ist bis jetzt eine einwandfreie Messung und die für die Versuche notwendige Veränderung der hydraulischen Rauhigkeit noch nicht gelungen.

Aufstellung einer Gleichung für den Druckabfall im rauhen Rohr.

Das Ähnlichkeitsgesetz in der Fassung

$$\lambda = C R^{n-2}, \quad \frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}l} = \lambda \frac{\gamma w^2}{2 g d}$$

kann durch eine kleine Umformung in den Ausdruck

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}l} = a\, w^n\, \gamma^{n-1}\, d^{n-3}\, \eta^{2-n} \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

übergeführt werden. Die Größe des Exponenten n, der für glatte Rohre den Wert 1,75 hat, liegt für rauhe Rohre zwischen 1,75 und 2,0. Brabbée und Bradtke[3]) haben die gesamten bis 1915 über den Druckabfall in rauhen Rohren vorliegenden Versuche unter Benutzung eigener Versuchsergebnisse verarbeitet und finden:

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}l} = 5{,}56\, \frac{w^{1{,}924}\, \gamma^{0{,}852}}{d^{1{,}281}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6),$$

worin d in mm einzusetzen ist. Der Exponent 1,924 wurde gewonnen als Mittelwert der aus den Versuchen berechneten Exponenten rauher Rohre mit über 50 mm l. W. Von Fritzsche[4]) übernommen ist der Exponent von γ. Der Durchmesserexponent wurde derart ermittelt, daß der Logarithmus von $a' = \frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}l}\, \frac{1}{w^n\, \gamma^{0{,}852}}$ als Funktion von $\log d$ aufgetragen wurde unter Einsetzung des jeweils gefundenen Geschwindigkeitsexponenten. So ergab sich mit verhältnismäßig geringer Streuung

$$a' = \frac{5{,}56}{d^{1{,}281}}.$$

Das Ähnlichkeitsgesetz für Rohrreibung gilt seiner Ableitung gemäß nur für glatte Rohre. Dadurch erklärt sich auch der von obiger Gleichung abweichende Wert des Durchmesserexponenten bei Brabbée-Bradtke. Für Rohre kleineren Durchmessers hat nämlich die relative Rauhigkeit $K = \frac{\varepsilon}{d}$ einen größeren Wert als für solche größeren Durchmessers, wenn man annimmt, daß die mittlere Größe der Wandunebenheiten ε in beiden Fällen denselben Wert hat, was dem Herstellungsverfahren für Rohre entsprechend näherungsweise zutrifft. Dann gilt nämlich für zwei Rohre vom Durchmesser d_1 und d_2, wobei $d_1 < d_2$, bei gleichem w, γ und η

$$\left.\begin{aligned} \left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}l}\right)_1 &= C\, d_1^{n-3} \\ \left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}l}\right)_2 &= C\, d_2^{n-3} \end{aligned}\right\} \left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}l}\right)_1 = \left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}l}\right)_2 \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{3-n}.$$

Man erhält also für das Rohr 1 einen größeren Druckabfall, wenn man als Durchmesserexponenten 1,281 statt jeweils $3 - n$ einsetzt, entsprechend seiner größeren Rauheit. Übereinstimmung mit dem Ähnlichkeitsgesetz für rauhe Rohre $\lambda = f(K, R)$ wird erreicht, wenn man schreibt:

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}l} = a_1 \left(\frac{\varepsilon}{d}\right)^e w^n\, \gamma^{n-1}\, d^{n-3}\, \eta^{2-n} \quad \ldots\ldots \quad (7),$$

wobei nach Gl. (5) und (6) gelten muß

$$n - 3 - e = -1{,}281.$$

Der Faktor $\left(\frac{\varepsilon}{d}\right)^e$ enthält den Einfluß der Rauhigkeit. Als Beziehung zwischen dimensionslosen Größen lautet obige Gleichung

$$\lambda = C_1 \left(\frac{\varepsilon}{d}\right)^e R^{n-2}.$$

Die von Brabbée-Bradtke gefundene Gesetzmäßigkeit, in richtiger Weise nach Gl. (7) geschrieben, hat den Vorteil, daß sie mit demselben Beiwerte a_1 für rauhe Rohre mit Geschwindigkeitsexponenten von $n = 1{,}78$ bis $n = 2{,}0$ gilt. Der in der Brabbéeschen Gleichung fehlende Faktor η^{2-n} und das Einsetzen von $\gamma^{0{,}852}$ statt jeweils γ^{n-1} bleibt ohne wesentlichen Einfluß, weil die Temperaturen nur Schwankungen von ungefähr 20 °C unterworfen waren, und weil sich die Dichteänderungen in engen Grenzen hielten. Für technische Rohre scheint außerdem die Gleichung $f(K_1) = \left(\frac{\varepsilon}{d}\right)^e$, nach Abb. 30 und Zahlentafel 6 bei Brabbée[5]) zu schließen, von der Rauhigkeit ε nicht nennenswert beeinflußt zu werden, da in seiner Darstellung die Ergebnisse aus zwanzig Versuchsreihen von acht verschiedenen Forschern nur wenig und ohne Gesetzmäßigkeit streuen. Es kann also ε = konst. = 1 gesetzt werden. Leicht bemerkbar ist dagegen der Einfluß der Rauhigkeit auf n. Man müßte also ansetzen

$$\lambda = C_1 f(K_1)\, R^{-x},$$

wobei $f(K_1) = \left(\frac{\varepsilon}{d}\right)^e = \left(\frac{1}{d}\right)^e$ und $x = F(K_2)$. Die Funktion $F(K_2)$ müßte so gewählt werden, daß beim Übergang zur quadratischen Abhängigkeit des Druckabfalles von der Geschwindigkeit entweder mit sehr stark wachsendem $R = \frac{w\,d}{\nu}$ oder mit zunehmender Rauhigkeit $x = 0$ wird. Ich halte die bisher vorhandenen Unterlagen nicht für ausreichend zur Angabe der Funktion $F(K_2)$ und möchte mich damit begnügen, eine dem Ähnlichkeitsgesetz entsprechende Gleichung anzugeben, die so einfach wie möglich gestaltet ist, um so auch den Bedürfnissen der Technik gerecht zu werden. Eine derartige Formel müßte dann lauten:

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}l} = 58{,}5 \cdot 10^{-4}\, \frac{w^n\, \gamma^{n-1}\, \eta^{2-n}}{d^{1{,}281}}$$

oder

$$\lambda = \frac{0{,}081\,86}{d^e}\, R^{n-2},$$

worin $n - 3 - e = -1{,}281$. In dieser Gleichung können für n je nach der Rauheit Werte zwischen $n = 1{,}78$ und 2,0 eingesetzt werden. Um zu einer Endformel zu gelangen, setzen wir $n = 1{,}852$. Dieser Wert dürfte für schmied-

[1]) Vergl. Jakob u. Erk, Z. Bd. 68 (1924) S. 581.
[2]) Vergl. Nusselt a. a. O., S. 7.
[3]) Vergl. Brabbée und Bradtke, Beiheft 7 zum Gesundheits-Ingenieur 1915.
[4]) Vergl. Fritzsche, Mitt. über Forschungsarbeiten Heft 60.
[5]) Vergl. Brabbée und Bradtke, a. a. O., S. 10 u. f.

Zahlentafel 3. $\lambda_1 = \frac{0,08186}{d^{0,133}}$.

d in m	λ_1	d in m	λ_1	d in m	λ_1	d in m	λ_1	d in m	λ_1
0,005	0,1656	0,070	0,1167	0,135	0,1068	0,200	0,1015	0,28	0,0970
10	1511	75	1156	140	1063	205	1011	29	0965
15	1431	80	1147	145	1058	210	1008	30	0961
20	1378	85	1138	150	1054	215	1005	31	0957
25	1346	90	1129	155	1050	220	1002	32	0953
30	1305	95	1121	160	1046	225	0999	33	0949
35	1279	100	1113	165	1041	230	0996	34	0945
40	1256	105	1105	170	1037	235	0993	35	0941
45	1237	110	1098	175	1033	240	09905	36	0938
50	1219	115	1092	180	1028	245	09875	37	0934
55	1205	120	1086	185	1025	250	09850	38	0931
60	1191	125	1080	190	1022	260	0980	39	0928
65	1178	130	1074	195	1018	270	0975	40	0925

eiserne Rohre, die zur Fortleitung von Gasen und von Wasserdampf meistens benutzt werden, einen guten Mittelwert darstellen. Nach Einsetzen von $n = 1,852$ erhält man

$$\frac{\mathrm{d}\,p}{\mathrm{d}\,l} = 58,5 \cdot 10^{-4}\,\frac{w^{1,852}\,\gamma^{0,852}\,\eta^{0,148}}{d^{1,281}}$$

oder

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\mathrm{d}\,p}{\mathrm{d}\,l} = \lambda\,\frac{\gamma\,w^2}{2\,g\,d} = \lambda\,\frac{16}{2\,g\,\pi^2}\,\frac{G^2}{\gamma\,d^5} = \lambda\,0,082\,63\,\frac{G^2}{\gamma\,d^5}\\
&\text{mit}\\
&\lambda = \frac{0,081\,86}{d^{0,133}}\,R^{-0,148},\\
&\text{wobei}\\
&R = \frac{w\,d\,\gamma}{\eta\,g} = \frac{4\,G}{\pi\,g\,d\,\eta} = 0,129\,79\,\frac{G}{d\,\eta}
\end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \; (8).$$

Diese Gleichung wurde auf Grund der Versuche von Fritzsche, Brabbée-Bradtke und Eberle[1]) geprüft. Die Versuche von Eberle sind die einzigen, die in neuerer Zeit über den Druckabfall in Dampfleitungen angestellt worden sind. Die von ihm benutzte Dampfleitung von 70 mm l. W. enthielt zwei in der Meßstrecke liegende Krümmer. Ihr Einzelwiderstand wurde nach Brabbée-Wierz[2]) zu $\zeta = 0,25$ angenommen und somit von dem gemessenen Druckabfall $\Delta\,p''$ jeweils der Betrag

$$\Delta\,p' = \sum \xi\,\frac{\gamma\,w^2}{2\,g} = 0,5\,\frac{\gamma\,w^2}{2\,g}$$

abgezogen. Die so erhaltenen Werte stimmen innerhalb der Genauigkeit, die man den Versuchen zusprechen kann, mit den aus Gl. (8) ermittelten Werten überein (mittlere Abweichung 3 vH).

Bei den bisherigen Erörterungen war stillschweigend angenommen, daß es sich um Strömungsvorgänge mit ausgebildetem hydraulischem Zustand in geraden Rohrleitungen handle, daß also die Strömung hinter einer genügenden Anlaufstrecke betrachtet werde, für die man bei turbulenter Strömung eine Länge von 50 Durchmessern erfahrungsgemäß als ausreichend ansieht. Bei der Fortleitung von flüssigen oder gasförmigen Stoffen ist aber der vom Behälter (Wasserbehälter, Druckluftkessel, Dampfkessel) an auftretende Druckabfall beachtenswert. Es müssen also noch die sogenannten Einzelwiderstände, die durch Ventile, Wasserabscheider, Krümmer usw. entstehen, mit einem entsprechenden Anteil der Geschwindigkeitshöhe $\frac{\gamma\,w^2}{2\,g}$ in Rechnung gesetzt werden. Außerdem ist der sich vom Anfang der Rohrleitung bis zur Ausbildung des Beharrungszustandes einstellende Anlaufwiderstand zu berücksichtigen. Eine befriedigende Lösung hierfür liegt bis jetzt noch nicht vor. Latzko[3]) leitete auf theoretischem Wege für das Geschwindigkeitsfeld in der Anlaufstrecke eine Beziehung ab. Berechnet man daraus den Druckabfall, so erhält man für den Anfang des Rohres $\frac{\mathrm{d}\,p}{\mathrm{d}\,l} = \infty$. Nach Ausbildung der Strömung sinkt dann $\frac{\mathrm{d}\,p}{\mathrm{d}\,l}$ auf den von der Blasiusschen

[1]) Vergl. Eberle, Mitt. über Forschungsarbeiten, Heft 78.

[2]) Vergl. Brabbée und Wierz, Beiheft 9 zum Gesundheits-Ingenieur 1915.

[3]) Vergl. Latzko, Zeitschr. für angewandte Math. und Mechanik Bd. 1 (1921) S. 268.

Zahlentafel 4. $\lambda_2 = R^{0,148}$.

$R \cdot 10^3$	λ_2	$R \cdot 10^3$	λ_2	$R \cdot 10^3$	λ_2	$R \cdot 10^3$	λ_2	$R \cdot 10^3$	λ_2
4	3,413	22	4,391	40	4,799	58	5,070	130	5,709
5	527	23	424	41	815	59	083	140	781
6	623	24	447	42	832	60	096	150	833
7	707	25	474	43	851	61	107	160	894
8	783	26	502	44	867	62	120	170	944
9	847	27	528	45	883	63	131	180	998
10	909	28	550	46	899	64	143	190	6,044
11	964	29	573	47	918	65	156	200	091
12	4,014	30	596	48	932	66	168	250	295
13	063	31	621	49	945	67	179	300	464
14	110	32	642	50	963	68	192		
15	150	33	663	51	975	69	202		
16	189	34	684	52	989	70	214		
17	227	35	704	53	5,008	80	319		
18	260	36	722	54	015	90	412		
19	297	37	742	55	032	100	496		
20	331	38	762	56	042	110	572		
21	364	39	782	57	058	120	647		

Formel geforderten Wert herab. Im Gegensatz hierzu glaubte Schiller[4]), auf Grund einer kurzen Versuchsreihe, den Anlaufverlust vernachlässigen zu dürfen.

An einem Rechnungsbeispiel möge noch der Gebrauch von Gl. (8) erläutert werden. (Die Daten werden so gewählt, daß sie mit Versuch 6 der Zahlentafel 33 bei Eberle a. a. O. S. 64 übereinstimmen.) Es sollen 592,9 kg/h Dampf mit 3 at abs Druck durch eine schmiedeiserne Leitung von 26,6 m Länge fortgeleitet werden.

Gegeben:

$G = 592,9$ kg/h $= 0,1646$ kg/s

$p = 3,01$ at abs mittlere Dampfspannung

$l = 26,6$ m

Angenommen: $d = 70$ mm $= 0,07$ m

Gesucht: $\Delta\,p$

Benutzt wird die Gl. (8). Zunächst ist die Reynoldssche Zahl zu berechnen:

$$R = 0,129\,79\,\frac{G}{d\,\eta} = 0,129\,79 \cdot \frac{0,1646}{0,07 \cdot 143,6} \cdot 10^8 = 212\,700;$$

$$\text{ferner ist } \lambda = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \text{ worin } \lambda_1 = \frac{0,081\,86}{d^{0,133}},\ \lambda_2 = R^{0,148}.$$

Aus Zahlentafeln 3 und 4 kann λ_1 und λ_2 entnommen werden. Man findet

$$\lambda = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{0,1167}{6,143} = 0,0190;$$

$$\frac{\gamma\,w^2}{2\,g\,d} = 0,082\,63\,\frac{G^2}{\gamma\,d^5} = 0,082\,63 \cdot \frac{0,1646^2 \cdot 0,6153}{0,07^5} = 820,6$$

Hiermit wird

$$\frac{\mathrm{d}\,p}{\mathrm{d}\,l} = 0,0190 \cdot 820,6 = 15,59$$

und

$$\Delta\,p = \frac{\mathrm{d}\,p}{\mathrm{d}\,l} \cdot l = 15,59 \cdot 26,6 = 414,0 \text{ kg/m}^2.$$

Der Druckabfall beträgt also 414 mm W.-S. Ist eine Leitung für einen vorgeschriebenen Druckabfall zu bemessen, so führt man die Rechnung für verschiedene Durchmesser aus und entscheidet sich unter Auf- und Abrundung des Durchmessers auf ein Normalmaß für einen den Anforderungen entsprechenden Durchmesserwert.

In dem Maße, wie ein Rohr einen größeren oder kleineren Geschwindigkeitsexponenten als 1,852 hat, wird auch Gl. (8) abweichende Werte ergeben. Indessen haben Änderungen im Exponenten nicht den starken Einfluß auf das Ergebnis, wie man auf den ersten Blick glauben sollte.

Die Gl. (8) ist als ein Versuch aufzufassen, unter Wahrung der notwendigen Einfachheit der Formel bei dem heutigen Stand unsrer Kenntnisse über die hydraulische Rauhigkeit und ihren Einfluß auf den Druckabfall der physikalischen Gesetzmäßigkeit gerecht zu werden. [A 518]

[4]) Vergl. Schiller a. a. O. S. 35.

Die Synthese des Ammoniaks nach Claude[1]).

Von *H. Salmang*, *Aachen.*

Die physikalisch-chemischen Grundlagen der Ammoniakbildung aus den Elementen werden besprochen und die beiden technischen Ausführungsformen nach Haber-Bosch und Claude an der Hand der französischen Literatur verglichen. Ersteres arbeitet mit Drücken von 200 at bei einer Tagesleistung von 300 t Ammoniak, letzteres bei 900 bis 1000 at bei 5 bis 20 t Tagesleistung. Der Großbetrieb des Claude-Verfahrens im Ausmaße des Haber-Bosch-Verfahrens ist wegen der maschinentechnischen Schwierigkeiten noch nicht verwirklicht geworden.

Gebundener Stickstoff wird in der Landwirtschaft als Düngemittel und in der Industrie als Rohstoff in großen und immer wachsenden Mengen verbraucht. Bis zur Jahrhundertwende gab es im wesentlichen nur zwei Rohstoffquellen, die diesen Bedarf decken konnten, nämlich die Salpeterlager Chiles und die Gasanstalten und Kokereien. Erstere lieferten das besonders als Düngemittel wertvolle Natriumnitrat ($NaNO_3$), letztere das Ammoniak (NH_3), das meist in Form seines schwefelsauren Salzes, des Ammonsulfats ($(NH_4)_2SO_4$), oder seltener des Salmiakgeistes (NH_4OH) in den Handel kam. Um die Jahrhundertwende wurden in Chile etwa 1,5 Mill. t Salpeter, in den Gasanstalten und Kokereien der Welt ebensoviel Ammonsulfat erzeugt. Da wies Crookes 1898 darauf hin, daß die chilenischen Lager in 20 bis 30 Jahren erschöpft und Technik und Landwirtschaft in ihrem Bestande bedroht wären, falls die Chemie keine Abhilfe schaffe. 1923 wies Russel nach, daß Crookes' Schätzungen auf einem Irrtum beruhen, und daß die Vorräte noch für 200 bis 300 Jahre ausreichen würden. Trotzdem hat sich Crookes mit seiner Warnung ein dauerndes Verdienst erworben; denn sie war ein Ansporn zur Herstellung synthetischer Stickstoffverbindungen aus dem Luftstickstoff, der ja in unerschöpflichen Mengen zur Verfügung steht.

Nach den vier wichtigsten Verfahren, die seitdem ausgearbeitet wurden, werden technisch dargestellt:

1. Das Stickoxyd (NO) durch Erhitzen von Luft im elektrischen Lichtbogen (Birkeland und Eyde, 1905). Das gebildete Stickoxyd wird dann zu Salpetersäure gelöst.
2. Das Kalziumzyanamid oder Kalkstickstoff ($CaCN_2$), (Frank und Caro, 1904) durch Einwirkung von Luft auf Kalziumkarbid bei Rotglut.
3. Das Aluminiumnitrid (AlN) aus Tonerde, Kohle und Stickstoff bei 1500 bis 1700° (Serpek, 1904).
4. Das Ammoniak (NH_3) durch Vereinigung von Stickstoff- und Wasserstoffgas bei 200 at und 500 bis 600 °C (Haber, 1907).

Von diesen vier Verfahren ist das von Serpeck erfundene zuerst dem Kampf im Wettbewerb erlegen, und das Kalkstickstoffverfahren wird sich nur noch dort halten können, wo billige Wasserkraft zur Verfügung steht. Dagegen scheinen die Synthesen des Stickoxyds und des Ammoniaks den Kampf mit dem Chilesalpeter und der mächtig gesteigerten Ammoniakerzeugung der Kokereien und Gasanstalten aushalten zu können.

Auf die Ammoniaksynthese, besonders ihre neuere Ausgestaltung durch Claude, soll hier näher eingegangen werden.

Haber und Le Rossignol[2]) führten 1907/08 die Vereinigung von berechneten Gemengen von Stickstoffgas und Wasserstoffgas im Laboratoriumsmaßstabe durch. Die Badische Anilin- und Sodafabrik baute dann das Verfahren, das als Haber-Bosch-Verfahren Weltruf erlangte, in den Großbetrieben in Ludwigshafen-Oppau und in Leuna bei Merseburg aus. Seit 1919 erstand ihm ein Nebenbuhler in dem Verfahren Claudes, das darin bestand, den nach geltenden Ansichten ungeheuren Reaktionsdruck von 200 at auf ein Mehrfaches zu steigern; dabei gelang es ihm, beträchtlich größere Gasmengen in Ammoniak umzusetzen, als nach dem Haber-Bosch-Verfahren möglich war.

Das Ammoniak-Gleichgewicht. Die Ammoniakbildung geht nach der Gleichung $N_2 + 3\,H_2 = 2\,NH_3 + 24$ kcal vor sich, d. h. 1 Raumteil Stickstoff vereinigt sich mit 3 Raumteilen Wasserstoff zu 2 Raumteilen Ammoniakgas unter Abgabe der beträchtlichen Reaktionswärme von 24 kcal. Aus 4 Raumteilen Gas entstehen also bei der Umsetzung 2 Raumteile, der Druck sinkt dabei auf die Hälfte. Nach dem Satz vom kleinsten Zwange führt Druck diejenige Reaktion herbei, bei der sich der Raum verkleinert, er befördert hier also die Bildung aus den Elementen. Während Druckerhöhung also die Ammoniakbildung begünstigt, tritt bei Temperaturerhöhung das Gegenteil ein: das Ammoniak zerfällt dabei wieder in seine Bestandteile. Haber hätte also bei niedrigeren Temperaturen und hohen Drücken die besten Ammoniakausbeuten erhalten müssen. Dem steht aber die außerordentlich geringe Reaktionsgeschwindigkeit der Umsetzung bei tiefen Temperaturen im Wege. Es hätte großer Zeiträume und umfangreicher Apparaturen bedurft, um bei den Temperaturen, bei denen Ammoniak nicht mehr zerfällt, die Bildung aus den Elementen unter Druck herbeizuführen. Bei steigenden Temperaturen steigt die Reaktionsgeschwindigkeit, allerdings auch die Zerfallgeschwindigkeit des Ammoniaks. Um nun eine möglichst günstige Ausbeute zu erhalten, mußte bei Anwendung eines hohen Druckes eine Temperatur gewählt werden, bei der die Bildung den Zerfall überwog.

Haber berechnete den Gehalt an Ammoniak wie folgt:

+ °C	1 at vH	100 at vH	200 at vH
200	15,3	80,6	85,8
300	2,18	52,1	62,8
400	0,44	25,1	26,3
600	0,049	4,47	8,25
800	0,0117	1,15	2,24

Als geeignet erwiesen sich bei 200 at Druck die Temperaturen der beginnenden Rotglut: 500 bis 700 °C. Durch Verwendung von Katalysatoren konnte die Reaktionsgeschwindigkeit beträchtlich erhöht werden, so daß das Gleichgewicht zwischen $N_2 + 3\,H_2$ und $2\,NH_3$ schneller erreicht wurde. Die dabei benutzten Katalysatoren waren Osmium, Wolfram, Molybdän, Uran und Eisen, sowie die Karbide und Nitride dieser Stoffe. Claude stellte 1917 durch Versuche die Gleichgewichte für Drücke bis zu 1000 at bei Verwendung von Eisen als Katalysator fest und fand die in Abb. 1 angegebenen Ammoniakgehalte. Für Temperaturen unterhalb 536° konnte Claude das Gleichgewicht nicht mehr herstellen, da sein Katalysator die Ammoniakbildung nicht genügend beschleunigte. Dieses Ziel konnte von Larson und Dodge[3]) erreicht werden. Auch sie benutzten Eisen als Katalysator, verwendeten aber wie beim Haber-Bosch-Verfahren Aktivatoren, das sind Zusätze, die Wirksamkeit und Lebensdauer des Katalysators erhöhen. Durch gleichzeitige Verwendung der schon bekannten Aktivatoren Kaliumoxyd und Aluminiumoxyd gelang ihnen die Einstellung des Gleichgewichts bei 450° und 475 °C. Sie konnten durch ein-

[1]) Literatur über das Claude-Verfahren:
Claude, Comptes rendues de l'Acad. Bd. 168 (1919) S. 169
„ „ „ „ „ Bd. 168 (1919) S. 1039
„ „ „ „ „ Bd. 170 (1920) S. 174
„ „ „ „ „ Bd. 172 (1921) S. 1182
„ „ „ „ „ Bd. 173 (1921) S. 653
„ „ „ „ „ Bd. 174 (1922) S. 157
„ „ „ „ „ Bd. 174 (1922) S. 681
„ „ „ „ „ Bd. 176 (1923) S. 394.
„Chemical and Metallurgical Eng." Bd. 28 (1923) S. 498
„ „ „ „ Bd. 29 (1923) S. 105.

[2]) Vergl. Haber und Le Rossignol, Berichte d. chem. Gesellschaft Bd. 40 (1907) S. 2144; Zeitschr. für Elektrochemie Bd. 14, 1908 S. 181, 513.

[3]) Vergl. Larson und Dodge, Journ. Americ. Chem. Soc. Bd. 45 (1923) S. 2918 und Larson, Journ. Americ. Chem. Soc. Bd. 46 (1924) S. 367

maliges Überleiten des Gasgemisches über die Kontaktsubstanz 70 bis 80 vH in Ammoniak überführen, Abb. 1.

Moldenhauer [1]) hat Claudes sowie Larson und Dodges Ergebnisse mit den von Haber berechneten Werten verglichen und gefunden, daß sie oberhalb 100 at über die berechneten Werte hinausgehen. Bei 1000 at und niedrigen Umsetzungstemperaturen überwog der Versuchsbefund den errechneten bis zu 36 vH. Moldenhauer glaubte als Erklärung dieser willkommenen Erscheinung annehmen zu müssen, daß die Zusammendrückbarkeit des Ammoniaks größer ist als die von Wasserstoff und Stickstoff.

Verfahren. Claudes Veröffentlichungen haben oft den Anstrich von Kampfschriften gegen das Haber-Bosch-Verfahren, das wegen der in ihm niedergelegten chemischen und maschinentechnischen Erfahrungen und des Ausmaßes der ausgeführten Werkanlagen Weltruf genießt. In diesen wird die Umsetzung bei etwa 600° und 200 at Druck vorgenommen, wobei etwa 9 vH des Gasgemisches in Ammoniak umgesetzt werden. Dies wurde ursprünglich durch Abkühlung des Gemisches verflüssigt; da aber bei dem hohen Dampfdruck des Ammoniaks immer ein großer Teil gasförmig blieb, wurde es später durch Wasser aus dem Gase herausgewaschen. Der Rest des Gasgemisches wird in die Apparatur zurückgeführt.

Eine Gasverdichtungsanlage zur Erzeugung von 1000 at Druck unterscheidet sich von einer für 200 at gebauten im wesentlichen durch Zufügung von zwei Druckzylindern von verhältnismäßig kleinem Durchmesser. Die Mehrarbeit, die man zur Verdichtung auf 1000 at aufzuwenden hat, ist gering, da nach dem Gesetz der isothermischen Verdichtung die aufgewandten Arbeiten nur ungefähr wie die Logarithmen der Drücke zunehmen. Um z. B. von 200 at auf 1000 at zu kommen, ist die Arbeit von 2,3 auf 3 zu steigern. Die Schwierigkeit liegt nicht in der Herstellung der Verdichtergefäße, sondern darin, sie dicht zu halten. Die geringste Undichtheit muß unbedingt beseitigt werden, da sonst wegen der hohen Innendrücke unerträgilche Verluste eintreten müssen. Claude führt zu seinen Gunsten an, daß bei gleicher Leistung seine Rohrverbindungen bei 1000 at kleiner sind als bei 200 at und sich deshalb leichter abdichten lassen. Der mehrfache Druck fällt nicht so sehr ins Gewicht. Er führte seine Apparatur während des Betriebes, ganz in Wasser getaucht, Mitgliedern der Pariser Akademie vor und konnte nachweisen, daß nicht eine einzige Gasblase entwich. Die Lederstulpen der Stoffbüchsen dichten sogar bei hohem Druck erfahrungsgemäß leichter als bei niedrigen Drücken.

Als weiteren Vorteil für sein Verfahren beansprucht Claude die Verwendung kleinerer Einheiten als beim Haber-Bosch-Verfahren. Bei 200 at enthält das Gasgemisch nach der Katalyse 6 bis 9 vH Ammoniak und muß deshalb immer wieder über den Kontaktkörper geleitet werden. Bei 1000 at enthält es 25 bis 40 vH Ammoniak, es genügt dann drei- bis vierfaches Überleiten, um alles Gas zu Ammoniak zu verdichten. Daher bedingt das Haber-Bosch-Verfahren, große, das Verfahren Claudes kleinere Apparaturen. Die Größenausmaße der Apparate verhalten sich nach seiner Angabe umgekehrt wie die Drücke, wodurch seine Apparatur kleiner, billiger und handlicher würde. Besonderen Wert legt Claude noch auf die Tatsache, daß sich beim dauernden Kreislauf der nicht umgesetzten Gase bei Haber-Bosch das mit dem Stickstoff in die Apparatur eingeführte Argon und die übrigen Edelgase anreichern. Da sie an der Umsetzung nicht teilnehmen, aber durch ihre Anwesenheit die Teildrücke der übrigen Gase herabsetzen, muß deshalb von Zeit zu Zeit die ganze Gasfüllung verworfen werden. Bei Claude wird auf den nach drei- bis vierfachem Überleiten verbleibenden Gasrest überhaupt verzichtet. Des weiteren gelingt die Entfernung des Ammoniaks aus dem katalysierten Gase bei 1000 at leichter als bei 200 at. Da man bei 1000 at leicht eine Ammoniakkonzentration von 25 vH erreicht, beträgt der Teildruck des Ammoniaks 250 at. Durch einfache Wasserkühlung des Gases läßt sich ein großer Teil des Ammoniaks verflüssigen, da sein Höchstdruck bei 15 °C nur 7 at beträgt. Theoretisch gehen dann $\frac{250-7}{250}\cdot 100 = 97{,}2$ vH des gasförmigen Ammoniaks in den flüssigen Zustand über. Bei 200 at und 9 vH Ammoniak im Gase lassen sich theoretisch nur $\frac{18-7}{18}\cdot 100 = 61$ vH verflüssigen, das übrige muß durch Wasser ausgewaschen werden.

[1]) Vergl. Moldenhauer, Chemiker-Zeitung Bd. 48 (1924) S. 238, Bd. 49 (1925) S. 65.

Abb. 1. Gleichgewichtslinien bei der Bildung von Ammoniak bei verschiedenen Drücken und Temperaturen.

Abb. 2. Wandriß in einem Reaktionsgefäß.

Apparatur. Claude gebraucht bei seiner Apparatur enge Rohrleitungen von z. B. 8 mm lichtem und 16 mm äußerem Durchmesser bei einer Tagesleistung von 5 t Ammoniak. Für eine Anlage von 20 t Ammoniak Tagesleistung gebraucht er angeblich nur 11,5 t Metall für die Katalysatorgefäße, gegen 74,5 t bei Haber-Bosch. Während letztere ein sehr dehnbares Metall, wahrscheinlich Molybdänstahl, verwenden, benutzte Claude eine besondere Chromlegierung ohne Ausfütterung. Die Kontaktrohre werden teils in Frankreich, teils bei Vickers in England hergestellt, die dazu ein besonders hitzebeständiges Metall, Vicronic, anwenden. Später scheint Claude eine andre Legierung benutzt zu haben, die den Namen „B. T. G. von Imphy" trägt. Sie soll der Temperatur, dem Druck und den Gasen vollkommen wiederstehen und nach Guillet folgende Zusammensetzung haben: 0,44 vH C, 60,40 Ni, 8,70 Cr, 2,52 W, 1,80 Mn, 24,73 Fe = 98,59 vH.

Besondere Schwierigkeiten bereitet die Ableitung der großen Reaktionswärme von stündlich 60 000 kcal, die auf kleinem Raum entstehen und genügen würden, die Gefäßwandung auf 1000° zu halten, wenn sie nicht abgeleitet würden. Claude dachte anfangs daran, die Reaktionsgefäße mit Wasser zu kühlen, das dadurch in gespannten und überhitzten Dampf übergeführt werden sollte. Die Wandungen hielten aber diese Belastung nicht aus. Auch Kühlung der Wandungen durch strömendes flüssiges Blei bewährte sich nicht. In beiden Fällen zeigte sich ein eigenartiges Zerreißen der Wandungen, Abb. 2.

Die Risse waren außen breit und gingen kaum nach innen hindurch. Die Ursache war in den durch den Temperaturunterschied bedingten Spannungen innerhalb des Metalls zu suchen. Guillaume berechnete den ört-

Abb. 3. Kontaktapparat nach Claude.

a dünnwandiges Rohr	*k* Katalysator
b Schutzrohr	*s* Heizspirale
c dickwandiges Rohr	*t* isolierender Mantel

D_1 D_2 aufgeschraubte Deckel

lichen Druck an der Außenseite auf 3000 at. Claude verzichtete daher ganz auf Kühlung und umgab die Außenwandung des Rohres mit einer Wärmeschutzmasse, um das Metall nicht zu beanspruchen. Die Reaktionswärme leitete er dadurch ab, daß er das kalte Gasgemisch mitten durch die Reaktionszone führte und es so ohne Kosten erhitzte. Claude hat seine Apparatur oft geändert, die zuletzt bekannt gewordene Ausführung zeigt Abb. 3[1]):

Das Katalysationsgefäß besteht aus einem liegenden dickwandigen Rohr *c*, das durch zwei aufgeschraubte Deckel D_1 und D_2 abgeschlossen ist. In den Deckel D_1 ist das dünnwandige Rohr *a*, das den Katalysator *k* enthält und nicht ganz bis zum gegenüberliegenden Rohrverschluß reicht, eingeschraubt. Es ist von dem Schutzrohr *b* umgeben. Das Gasgemisch tritt in den schmalen Raum zwischen *b* und *c* ein, wird auf Reaktionstemperatur aufgeheizt, streicht durch die katalysierende Schicht *k* und verläßt das Gefäß durch den Deckel D_1. Eine Heizspirale *s* und ein isolierender Mantel *t* halten die Außenwand auf hoher Temperatur, um Rohrbrüche zu verhindern.

Claude führt als Vorteile seines Verfahrens an, daß er nur vier bis fünf Stunden zum Anheizen nötig hat gegen drei Tage bei Haber-Bosch, und die ganze Anlage zur Sicherung wegen ihrer kleinen Abmessungen in Eisenbeton einbetten kann. Jede Anlage enthält vier Kontaktapparate, von denen die beiden ersten parallel, die beiden letzten nach diesen hintereinander geschaltet werden. Hinter jeder Katalyse wird das Ammoniak im Gasgemisch durch Wasserkühlung verflüssigt und abgezogen.

Claude gibt ferner an, daß er im Gegensatz zu Haber-Bosch, die nur reinste Gase verwenden, ohne Schaden Gase mit 4 vH Kohlenoxyd benutzen kann. Er leitet das auf 300 bis 400° erhitzte, verunreinigte Gasgemisch bei hohem Druck durch ein mit reduziertem Eisen gefülltes Rohr. Hierin wird beigemischter Sauerstoff zu Wasser und Kohlenoxyd zu Methan umgesetzt.

Rohstoff. Als solcher wurde anfangs Luftstickstoff und elektrolytischer Wasserstoff verwendet. Die Gase werden gemischt, in einem drei- oder vierstufigen Verdichter auf 200 at verdichtet und in Waschflaschen von mitgerissener Feuchtigkeit und Öltröpfchen befreit. Sie werden dann im Verdichter in zwei Stufen auf den gewünschten Druck gebracht. In der Anlage von Grande Paroisse verdichtet ein achtstufiger Kompressor stündlich 700 m³ Gas auf 900 at. Falls der gesamte Wasserstoff mit Hilfe von natürlicher Wasserkraft erzeugt werden kann, kosten 6 t Ammoniak nur 52 ℳ. Da die Erzeugung von billigem elektrolytischem Wasserstoff an gewisse Gebirgsgegenden gebunden ist, schlug Claude vor, Koksofengas zu benutzen, während Haber-Bosch aus Koks hergestelltes Wassergas als Wasserstoffquelle und aus Briketts hergestelltes Generatorgas als Stickstoffquelle benutzten. Claude berechnete die Gestehungskosten für 1 t Ammoniak aus Koksofengas zu 136 ℳ. Er benutzte das gewöhnliche Gas der Kokereien mit etwa 10 vH Stickstoff und 47 vH Wasserstoff. Das Reinigungsverfahren beruht auf dem Grundsatz der Gasverflüssigung, die es erlaubt, das gesamte Benzol und Äthylen des Gases zu gewinnen. In der nach Claudes Verfahren auf der Kokerei in Bethune errichteten Ammoniakfabrik werden stündlich 850 m³ Koksofengas verarbeitet. Dabei wird zu der oben beschriebenen Reinigung von Sauerstoff und Kohlenoxyd ein Arbeitsdruck von 24 at angewandt. Bei einer neuen Anlage für 5000 m³ Koksofengas stündlich, die für eine tägliche Erzeugung von 20 t ausreichen würde, hofft man mit 15 at bei der Reinigung auszukommen. Die so vorgereinigten Gase geben bei gleichem Druck in Waschtürmen ihr Benzol an schwere Teeröle ab und werden durch Kalkwasser von Kohlensäure und in Separatoren von Wasser und andern Flüssigkeitsteilchen befreit. Dann wird das Äthylen ausgefroren und Kohlenoxyd und Methan verflüssigt. Stickstoff und Wasserstoff bleiben dann übrig. Claude gibt an, daß er aus dem so gewonnenen Äthylen 150 bis 200 kg Alkohol für jede Tonne Ammoniak erzeugen könne. Die Gewinnung dieses Alkohols und des Benzols soll nach seiner Meinung genügen, um die Kosten der Wasserstoffgewinnung zu decken.

[1]) DRP 404 687.

Allgemeines. Die Baukosten seiner Apparatur schätzt Claude auf die Hälfte derjenigen der Haber-Bosch-Anlagen. Da aber die beiden Patentinhaber, die Badische Anilin- und Sodafabrik und die Société l'Air Liquide nichts über die Kosten veröffentlicht haben, kann die Angabe nicht nachgeprüft werden. Ein Vergleich fällt besonders schwer, da die Haber-Bosch-Anlagen für 300 t Tagesleistung, die Claude-Anlagen für 5 bis 20 t Tagesleistung gebaut wurden. Bisher sind alle Versuche, größere Anlagen für Hochdruckkatalyse herzustellen, gescheitert. Deshalb ist nur das Haber-Bosch-Verfahren für den Großbetrieb geeignet. Frankreich gibt aus strategischen Gründen den zerstreut liegenden kleinen Hochdruckanlagen den Vorzug.

Die Verwertung des Ammoniaks denkt sich Claude ähnlich wie Haber-Bosch. Er will wie dort mittels Kochsalzes nach dem Ammoniaksoda-Verfahren Soda (N_2CO_3) und Chlorammonium (NH_4Cl) herstellen. Während aber in Oppau und Leuna die Chlorammoniumlösungen in Vakuum-Verdampfapparaturen eingedampft werden, will er sie nach dem Verfahren von Schreib ausfrieren. Gesättigte Lösungen von Chlorammonium in Ammoniumkarbonatlösungen lassen bei + 5° das Chlorammonium ausfallen, das dann nur abfiltriert zu werden braucht. Die erforderliche Temperaturerniedrigung will Claude durch Verdampfen des gewonnenen flüssigen Ammoniaks nebenbei gewinnen. Dieser Arbeitsgang ist nur bei dem Hochdruckverfahren möglich, weil das Ammoniak nach Haber-Bosch in Form von Lösungen gewonnen wird.

Ein endgültiges Urteil wird sich wohl erst abgeben lassen, wenn das Claude-Verfahren mehrere Jahre hindurch zur Zufriedenheit gearbeitet hat. Bisher sind davon fünf Anlagen in Betrieb, drei in Frankreich, eine in England und eine in Japan. [B 258]

Schnellschlußventil für Wasserstandzeiger.

Eine sehr einfache Lösung für die Aufgabe, die Anschlußöffnungen eines Wasserstandzeigers am Kessel durch Schnellschlußventile leicht, zuverlässig und ohne Reibung absperrbar zu machen, hat die Firma W. Kuhlmann A.-G., Offenbach a. M., angegeben, s. Abb. 1. Der mit einer elastischen Dichtungsfläche versehene Ventilteller *a* ist am Ende eines Klappenarmes *b* angeordnet, dessen Drehpunkt in Höhe der Dichtfläche liegt. Der Ventilteller wird außerdem in dem Arm nicht fest, sondern nach allen Seiten hin beweglich gehalten. Durch diese Befestigung in einem Kugelgelenk wird erreicht, daß sich der Ventilteller unter allen Umständen dicht und gleichmäßig auf die abzuschließende Öffnung auflegt. Gegenüber ähnlichen Versuchen zeichnet sich die vorliegende Lösung durch besonders einfache Bauart aus, da sie nur wenige Teile enthält. Die Spindel des Ventilhebels ist doppelt gelagert und an einem Ende mit einer Stopfbüchse abgedichtet. Der Ventilsitz besteht ebenso wie der Mantel des elastischen Ventiltellers aus Reinnickel und wird in das Gehäuse besonders eingeschraubt. Beide Dichtungsteile sind leicht auswechselbar. Der Apparat wird auch mit doppelter Absperrung geliefert, die mit dem Ventilgehäuse zu einem Stück vereinigt ist.

[M 212]

Abb. 1. Schnellschlußventil für Wasserstandzeiger. *a* Ventilteller *b* Klappenarm.

Großkraftschleifer.

Von Ing. Fritz Hoyer, Cöthen, Anhalt.

Leistungsformel für Holzschleifer. Einflüsse auf die Wirtschaftlichkeit. Die Großkraftschleifer. Vor- und Nachteile der einzelnen Bauarten. Einflüsse auf die Antriebbedingungen. Die hauptsächlichsten Antriebmaschinen. Vorteile des elektrischen Antriebes allen andern Arten gegenüber.

1. Der Bau von Großkraftschleifern.

Seit man Holzschleifer baut, ist man bestrebt gewesen, diese Maschinen zu verbessern und zu vervollkommnen, und zwar bewegten sich diese Bestrebungen in verschiedenen Richtungen. Solange man sich begnügte, nur Schleifer für die Ausnutzung kleiner Kräfte zu bauen, konnte man einschneidende Fortschritte und Verbesserungen kaum erreichen. Der neuzeitliche Schleiferbau im allgemeinen und der Bau von Großkraftschleifern ist noch verhältnismäßig neu. Erst der zunehmende Bedarf an Holzschliff, besonders für das Druckpapier der Tagespresse, die Gepflogenheit der Druckpapierfabriken, sich eigene Kraftschleifereien anzugliedern, die Ausnutzung großer Dampf- und Wasserkraftmaschinen für den Schleiferantrieb und vor allen Dingen der elektrische Antrieb, nicht zum mindesten aber auch die hochgeschraubten Anforderungen an die Güte des Schliffes waren die Veranlassung zu grundlegenden Neuerungen[1]).

Man sah bald ein, daß man mit verhältnismäßig großen Schleifereinheiten in jeder Beziehung wirtschaftlicher und vorteilhafter arbeiten konnte und ging zum Bau so großer Einheiten über, daß man auf einen Stein einige hundert Pferdestärken aufnehmen konnte. Für ausgesprochene Großschleifereien, wie sie die den Druckpapierfabriken angegliederten meistens darstellen, reichten aber diese Größen noch nicht aus. Man verlangte, daß man zur Ausnutzung der großen Kräfte möglichst wenig Einheiten brauchte, um die Anlage zu verbilligen, zu vereinfachen und übersichtlicher zu machen, aber auch, weil man bald die Erfahrung machte, daß diese Maschinen besseren Stoff lieferten.

Während man früher über die Einflüsse, die für eine größte Wirtschaftlichkeit, Stoffgüte und -menge bestimmend waren, vollständig im Dunklen tappte, sah man bald ein, daß auf diese Weise grundlegende Verbesserungen nicht zu erzielen waren. Kirchner war der erste, der diese Grundlagen durch seine Schleifversuche und Formeln zu bestimmen suchte. Erst der neueren Zeit blieb es aber vorbehalten, auch hierfür brauchbare Formeln zu schaffen, von denen die von Klimpe eine der brauchbarsten ist. Nach Klimpe gilt für die Leistung der Schleiferei:

$$N = n\,D\,F\,\beta.$$

Darin bedeuten:

- N die Leistungsaufnahme des Schleifers in PS,
- n die Umlaufzahl des Steines in Uml./min,
- D den Durchmesser des Steines in m,
- F die gesamte Schleiffläche in m^2,
- β den Schleifbeiwert.

Der Schleifbeiwert β stellt einen Erfahrungswert dar, der von der Art des Holzes abhängig ist. Er beträgt:

bei allerfeinsten Stoffen von weichen Hölzern für

feinsten Braunschliff für Papier aus weichen Hölzern	0,725
für feinsten Weißschliff, Pappelholzschliff und feinste Lederpappe	0,850
guten Weißschliff und mittlere Lederpappen	0,975
weißen Handelsschliff und gewöhnliche Lederpappen	1,150
Handelsschliff und gute Lederpappe	1,135
groben Weißschliff, gewöhnliche Holzpappe und Stoff aus härteren Hölzern	1,500

Diese Beiwerte sind unter Berücksichtigung der ungünstigsten Verhältnisse aufgestellt worden, so daß bei guten Steinen, gutem Holz und sorgfältiger Leitung bis zu 20 vH höhere Leistungen erreicht werden können.

Um nun Schleifer von größter Wirtschaftlichkeit herstellen zu können, muß man aber noch andre Gesichtspunkte beachten. Vor allen Dingen muß die Schleiffläche richtig bemessen sein, wozu die vorstehende Formel die erforderlichen Anhaltspunkte gibt. Die Körnung, die Schärfe und die Art des Steines müssen je nach der erwünschten Stoffgattung verschieden sein und sich dieser anpassen. Hier zeigt sich, daß man auf einem Schleifer nicht mit Vorteil alle Arten von Stoff schleifen kann.

Die Steigerung der Umfangsgeschwindigkeit hat auf die Güte des Stoffes keinen Einfluß; es ist also falsch, behaupten zu wollen, daß eine höhere Geschwindigkeit auch einen feinern Stoff ergibt, wenn auch die übrigen Bedingungen mit verändert wurden, wenn also das Verhältnis zwischen Geschwindigkeit und Kraftaufnahme gleich bleibt. Gibt man dem Schleifer ohne größere Leistungsaufnahme höhere Geschwindigkeit, so wird ein feinerer Stoff erhalten, da der Preßdruck niedriger ist. Bei gleich hohem Preßdruck wird bei doppelt so hoher Geschwindigkeit auch die Leistungsaufnahme doppelt so hoch, die Stoffgüte bleibt aber dieselbe. Das richtige Verhältnis zwischen Preßdruck und Geschwindigkeit einerseits und Leistungsaufnahme und Stoffgüte anderseits ist also von größter Bedeutung. Diesem Verhältnis wird in der aufgeführten Formel Rechnung getragen. Die Geschwindigkeit ist nun mitunter abhängig von der Forderung, die Schleifer mit Kraftmaschinen unmittelbar kuppeln zu können. Diese Möglichkeit besteht bei allen Umlaufzahlen bis zu 250 Uml./min, bei höheren Geschwindigkeiten, wie z. B. beim Antrieb durch Dampfturbinen, machen sich Zahnradvorgelege erforderlich, die einen sehr günstigen Wirkungsgrad ergeben.

Bei Dampfschleifereien ist man nun in der Lage, möglichst große Schleifsätze aufzustellen, die die gesamte Kraft mit nur einer oder wenigen sehr großen Maschinen auszunutzen vermögen. Bei Wasserschleifereien oder bei der Ausnutzung elektrischer Spitzenenergie, wo man mit Schwankungen in der Betriebkraft zu rechnen hat, ist zu berücksichtigen, inwieweit die Betriebkraft zurückgehen kann. Es kann dann der Fall eintreten, daß man mehrere kleine Schleifer wählen muß, die zusammen die gesamte zur Verfügung stehende Höchstleistung aufnehmen können; denn ein wirtschaftliches Arbeiten ist nur möglich, wenn man stets mit dem normalen Preßdruck arbeiten kann. Sinkt der Preßdruck zu stark, dann wird ein unnötig feiner Stoff geschliffen, und die Mengenleistung geht ganz erheblich zurück. Man kann wohl bei einem Schleifer mit vier Pressen nur ¼ der Kraft verwerten; der Regler wird dann einen ganz geringen Preßdruck einstellen, der ein ganz unwirtschaftliches Arbeiten zur Folge haben wird. Man wird dann besser mit nur einer Presse schleifen, deren Druck vom Regler normal eingestellt wird; es ergibt sich dann immer noch eine normale Ausnutzung der Betriebkraft und ein wirtschaftliches Arbeiten. Das ist ein Fall, der das Aufstellen eines Schleifers mit vier oder auch fünf Pressen rechtfertigen kann, denn bei einem Schleifer mit drei Pressen liegt die unterste Grenze schon bei einem Drittel der Betriebkraft, bei einem Magazinschleifer mit zwei Pressen aber schon bei der Hälfte. Beim stetigen Schleifer mit einer Presse liegen die Verhältnisse ganz anders, da dieser sehr gut Über- wie auch Unterbelastungen bis zu 50 vH verträgt; aber der stetige Schleifer hat wieder andre Nachteile, so daß auch er nicht als der vorbildliche Schleifer für alle Fälle gelten kann.

Es war klar, daß mit dem Auftauchen des stetigen Schleifers ein harter Kampf entbrennen würde, welches Verfahren den Vorzug verdiene und ob die bisher ganz gut bewährten, allerdings auch nicht als das Vorbild anzusprechenden Pressenschleifer nun alle Berechtigung verloren haben.

Bei den ausgesprochenen Großkraftschleifern sind zu unterscheiden Vierpressenschleifer, Zweipressenschleifer und stetige Schleifer, zu denen in neuester Zeit noch der sogenannte Zwillingspressenschleifer zu zählen ist.

[1]) s. Z. Bd. 68 (1924) S. 757.

Zu den Vielpressenschleifern gehören alle Großkraftschleifer mit drei bis vier, mitunter auch fünf Pressen, die als bekannt vorauszusetzen sind. Zu den Zweipressenschleifern gehören namentlich die Magazinschleifer[1]), die ebenfalls genügend bekannt sein dürften, und eine Bauart von Zweipressenschleifern, deren beide Pressen, ähnlich wie bei den Vielpressenschleifern angeordnet sind, einander also nicht gegenüberstehen. Der stetige Schleifer ist ein Einpressenschleifer mit einer sehr großen, senkrecht über dem Stein angeordneten Presse. Der Zwillingsschleifer wieder vereinigt je zwei Pressen zu einer Zwillingspresse. Zwischen je zwei solchen zu einer vereinigten Presse reicht die Zwischenwand nicht ganz bis zum Stein; die Schleiffläche wird also dort nicht unterbrochen, sondern erstreckt sich über die ganze Länge der beiden Pressen. Die Schleiflänge beträgt 1 m, so daß sich die ganze Schleiffläche bei 1 m breiten Schleifern zu etwa 2 m^2 ergibt. Die Zwischenwände sind verstellbar, so daß der freie Abstand vom Stein je nach den Betriebserfordernissen verschieden eingestellt werden kann. Um die lange Schleiffläche geschlossen zu erhalten, genügt schon ein kleiner Abstand, weil die Zwischenwände unten nur schneidenförmig sind. Dadurch ist auch die Möglichkeit gegeben, daß die eine Presse ruhig und unbehindert weiter schleifen kann, wenn die andre gefüllt wird. Man kann auch mit jeder Presse allein arbeiten, so daß der Schleifer auch für schwankende Betriebskraft verwertbar ist.

Für die Stoffgüte ist nicht nur die Schleiferkonstruktion maßgebend, sondern vor allen Dingen die Art des Holzes, die Körnung und Schärfe des Steines, der Pressendruck, die Größe der Schleiffläche und der Schleifbeiwert, also die Leistungsaufnahme auf die Einheit der Schleiffläche, im Verhältnis zur Umfangsgeschwindigkeit, und zum Schluß die Menge des auf den Stein gespritzten Wassers. Nicht von Einfluß ist die Art und Weise, wie das Holz an den Stein gepreßt wird, also ob der Druck durch mechanische Mittel oder Druckwasser ausgeübt wird. Die Erfahrung hat gelehrt, daß jeder unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte richtig gebaute Schleifer die gleiche Stoffgüte ergibt.

Es muß nun zugegeben werden, daß alle neueren Bauarten für Großkraftschleifer ihre besondern Vorteile haben. Diese sind aber weniger auf papiertechnischem Gebiete zu suchen, d. h. in der Erzeugung besten Schliffes, als auf betriebstechnischem, d. h. in der Bedienungsweise. Die Magazin- und stetigen Schleifer haben unzweifelkaft den Vielpressenschleifern gegenüber den Vorteil, daß die Beschickung der Pressen selbsttätig, also von der Aufmerksamkeit der Bedienung unabhängig ist. Eine vollkommene Unabhängigkeit von der Bedienung besteht aber auch nicht; denn es ist erwiesen, daß sich die Rollen sehr leicht klemmen. Diese Gefahr ist allerdings beim setigen Schleifer wohl als behoben zu betrachten, dafür weist er jedoch andre Nachteile auf. Der Magazinschleifer hat wohl die Vorteile der großen Schleiffläche und bei großen Anlagen mit vielen oder wenigstens mehreren Schleifern auch den Vorteil der fast unmerklichen Schwankungen beim Pressenwechsel, der außerdem in kürzerer Zeit vor sich geht als bei den Vielpressenschleifern. Beim stetigen Schleifer fällt dieser Pressenwechsel praktisch fort. Der Schleifer hat aber eine bedeutend geringere Schleiffläche, ist jedoch in der Lage, einen gleich guten Stoff zu erzeugen wie die Magazin- und Vielpressenschleifer.

Der stetige Schleifer weist allerdings gewisse Nachteile auf, die vielleicht zum Teil noch als Kinderkrankheiten dieser verhältnismäßig neuen Bauart anzusehen sind. Der rein mechanische Holzvorschub durch eigenartige Gelenkketten, die rechts und links liegen, hat gegenüber den immer zu Undichtigkeiten und Schäden neigenden Druckwasserpressen gewisse Vorteile. Aber gerade in diesen Ketten bestehen auch Nachteile, da in ihnen große und unprüfbare Kräfte auftreten; ferner sind Gelenkstellen dieser Ketten dem Wasser ausgesetzt, so daß eine bei der Menge der Gelenkstellen sehr spürbare Abnutzung eintreten muß. Die Schmierung dürfte einige Schwierigkeiten bereiten, weil durch das Schmiermittel der Stoff nicht verunreinigt werden darf, und das läßt sich bei der Anordnung einer gründlichen Schmierung schwer vermeiden.

Wenn auch an und für sich die Regelung beim stetigen Schleifer leicht vorzunehmen ist, so wird an sie doch auch eine große Anforderung gestellt, die nicht in der Natur des Schleifers zu suchen ist, sondern in der Art des zu verarbeitenden Holzes. Das Holz wird auch in diesem Fall aus Rollen geschliffen. Infolgedessen ist bei allen Schleiferarten die Schleiffläche stets sehr wechselnd, bei Geräten mit langen Schleifflächen allerdings weniger als bei solchen mit kurzen. Hierin ist ein großer Teil der Überlegenheit der neueren Großkraftschleifer zu suchen, die alle große Schleifflächen im Verhältnis zur Länge aufweisen. Bei jeder Rolle muß erst eine Fläche angeschliffen werden, da die Schleiffläche beim Anpressen an den Stein theoretisch eine Linie ausmacht. Praktisch wird man allerdings unter dem Druck der Pressen mit einer Breite von etwa 2 cm rechnen. Die Schleiffläche nimmt mit dem vorschreitenden Abschleifen der Rolle stetig zu und von der Mitte, wo das Höchstmaß erreicht wird, wieder ab. Bei mittleren Schleifhölzern von 16 cm Dicke steigt die Schleiffläche auf das Achtfache, um dann wieder abzunehmen. Da nun stets mehrere Rollen nebeneinander liegen, die durchaus nicht denselben Durchmesser haben, so werden die Verhältnisse noch verwickelter und gar nicht prüfbar. Die Größe der Schleiffläche wird also dauernd schwanken, was bei guten und feinwirkenden Regelungen ein stetiges Arbeiten des Reglers zur Folge haben muß. Diese Zustände treten bei jeder Schleiferbauart auf und stellen große Ansprüche an die Regelung.

Ein nicht zu verkennender Nachteil der stetigen Schleifer liegt in der ungünstigen Belastung der Welle und des Steines, der an einer verhältnismäßig kleinen Stelle den ganzen je nach der Reglung mehr oder weniger wechselnden Druck aufnehmen muß. Es ist als erwiesene Tatsache anzunehmen, daß bei allen Schleiferarten der zulässige Höchstdruck bereits erreicht ist, so daß in der ungünstigen Belastung beim stetigen Schleifer eine Gefahr erblickt werden muß. Die günstigste Steinbelastung würde zweifellos ein Schleifer haben, dessen Pressen so angeordnet sind, daß sie rund um den Stein liegen und ihr Druck sich gegenseitig aufhebt. Diese Anordnung hat man bei den früher öfters gebauten Schleifern mit einem um eine senkrechte Welle drehenden Stein gehabt, die man aber heute ganz verlassen hat. Der Grund ist hauptsächlich darin zu erblicken, daß man diese Art der Schleifer für Heißschliff überhaupt nicht verwenden kann, da man den Stein nicht im Stoff waten lassen kann. Man muß mit viel Spritzwasser arbeiten und kann daher nur Kaltschliff herstellen. Die allzu große Zahl der Pressen hat bekanntlich auch allerlei Nachteile, da die Gefahr besteht, daß der Stoff „totgemahlen" wird.

Die früher vielfach gegen diese Schleiferbauart geltend gemachten Schwierigkeiten, das Spurlager so zu gestalten, daß es keinen Anlaß zu Anständen gibt, sind heute hinfällig geworden, da man viel größere und schwerere Maschinen mit stehenden Wellen ausführt (Wasserturbinen); auch die früher schwierige Antriebart kann kein Grund mehr sein, da man die liegenden Schleifer sehr gut mit Elektromotoren verbinden könnte, deren Bau mit stehender Welle keinerlei Umstände macht; lediglich die weiter oben angeführten Gründe sind maßgebend, daß diese Bauart nicht mehr verwendet wird.

Die günstigste Steinbelastung zeigt sich nun beim Magazinschleifer, bei dem die beiden einander radial fast genau gegenüberliegenden Pressen so wirken, daß sich der Druck gegenseitig aufhebt, ja der Stein wird durch den Druck der Pressen beim Schleifen gewissermaßen gehoben, so daß die Lagerreibung geringer wird. Eine senkrechte Belastung bildet nur das Steingewicht. Auch bei den Vier- und Dreipessenschleifern, überhaupt bei Vielpressenschleifern wirken die Drücke der Pressen noch günstiger als beim stetigen Schleifer, bei dem aller Druck senkrecht nach unten wirkt und große Anforderungen an die Lagerung stellt.

Es erscheint nun fraglich, ob auf den bisher eingeschlagenen Wegen ein ganz selbsttätiges Schleifen jemals zu erreichen sein wird; denn von einem vorbildlichen Schleifer müßte man das verlangen. Wenn auch der Magazin-

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 757.

und der stetige Schleifer einen nicht zu verkennenden Fortschritt in dieser Bestrebung bedeuten, so kann die Frage doch nicht als vollkommen gelöst betrachtet werden; denn zum selbsttätigen Schleifen gehört ohne Zweifel auch eine vollkommen selbsttätige und störungsfrei arbeitende Beschickung der Pressen. Der stetige Schleifer kommt diesem Ziele noch am nächsten, da ein Klemmen der Rollen, wenn sie nur einigermaßen sorgfältig in das Magazin eingelegt sind, schwerlich vorkommen kann, weil die Ketten die Rollen mit großer Kraft niederdrücken. Brüche an den Maschinenteilen, die durch solche unvorhergesehenen Widerstandsteigerungen auftreten könnten, lassen sich immer noch leichter als bei andern Schleiferarten vermeiden, da man an Stelle des Gußeisens bei den am meisten beanspruchten Teilen Schmiedeisen wählen kann.

2. Die Antriebsbedingungen von Großkraftschleifern.

Der Antrieb der Großschleifer hängt von verschiedenen Verhältnissen ab, die in der Bauart der Schleifer und ihren Arbeitsbedingungen begründet sind.

Da es sich bei allen Schleiferbauarten um Maschinen handelt, bei denen sich der Stein um eine liegende Welle dreht, so ist durch die Bauart kein allzu großer Unterschied in den Antriebsbedingungen gegeben. Verschiedenartig sind aber die anderen Einflüsse, die durch die Umlaufzahl des Steines, seine Oberfläche, den Preßdruck, die Art des Holzes, seinen Feuchtigkeitsgehalt und seine Lage in den Pressen gegeben sind und die zusammen die Grundlagen für den Kraftbedarf ausmachen.

Die Umlaufzahl des Steines ist bei allen Großkraftschleifern so bemessen, daß eine unmittelbare Kupplung mit allen Kraftmaschinen außer den Dampfturbinen in Frage kommen kann, die infolge ihrer hohen Umlaufzahl die Zwischenschaltung von Zahnradvorgelegen verlangen.

Unter allen Verhältnissen hat nun der Antrieb der Großkraftschleiferei folgenden Bedingungen gerecht zu werden:

1. Der Schleifer muß möglichst unter Vollast anlaufen können. Wenn auch im allgemeinen ohne Preßdruck angefahren wird, so kann doch die Lage des Holzes am Stein zusammen mit dem Druck des im Magazin ruhenden Holzes bei Magazin- und stetigen Schleifern oft so viel Widerstand bieten, daß mit einem Anlaufen unter Vollast gerechnet werden muß.

2. Der Schleifer muß schnell anlaufen können, d. h. die Kraftmaschine mit dem unmittelbar gekuppelten und wie vorstehend belasteten Schleifer muß so schnell wie möglich auf die volle Umlaufzahl kommen.

3. Die Antriebmaschine muß in der Lage sein, starke Schwankungen und Stöße in der Belastung ohne Schaden aufzunehmen. Solche Stöße können besonders beim Pressenwechsel eintreten und bei den Magazinschleifern auch dann, wenn das Holz einmal klemmt, was erfahrungsmäßig leicht vorkommen kann.

4. Bei starken Be- und Entlastungen muß die Antriebmaschine so regeln, daß keine praktisch bemerkbaren Änderungen der Umlaufzahl eintreten, die auf die Güte des Stoffes von schlechtem Einfluß sein würden.

5. Es ist von Bedeutung, daß die vom Schleifer aufgenommenen Kräfte jederzeit durch einfache und zuverlässig arbeitende Meßvorrichtungen festgestellt werden können.

6. Von größter Wichtigkeit ist eine einfache Bedienung selbst durch ungeschulte und ungeübte Personen, an deren Aufmerksamkeit, Gewissenhaftigkeit und Klugheit keine zu hohen Anforderungen zu stellen sind.

7. Der Antrieb muß den denkbar höchsten Grad der Wirtschaftlichkeit erreichen.

Man kann nicht sagen, daß der einen oder andern Antriebart unbedingt die größte Wirtschaftlichkeit zukommt; alle Arten, und zwar Wasserantrieb, Dampfantrieb durch Turbinen, Kolbenmaschinen, auch Lokomobilen, Dieselmotoren und Elektromotoren können unter den gegebenen Verhältnissen geeignet sein.

Der Antrieb durch Wasserturbinen ist wohl in Handelsschleifereien allgemein, kommt aber für ausgesprochene Großkraftschleifereien für unsre Verhältnisse kaum in Frage, weil es nur wenige Anlagen gibt, die über eine genügend große Kraft zum Betriebe wirklicher Großkraftschleifereien verfügen. Die meisten von Wasserschleifereien ausgenutzten Kräfte bewegen sich in der Höhe von einigen hundert Pferdestärken, solche mit wenigstens 1000 PS gehören schon zu den Ausnahmen. Dazu kommt noch der Nachteil der meisten Wasserkräfte, daß sie keine gleichmäßige Leistung abgeben, so daß man entweder mit stark schwankender Erzeugungsmenge zu rechnen hat, oder Zusatz- und Hilfskraftmaschinen aufstellen muß, die die Anlage unwirtschaftlich machen.

Man ist daher dazu übergegangen, die Großkraftschleifereien den Papierfabriken anzugliedern. Man rollt dann in vielen Fällen auch besser den Rohstoff, das Holz, von weiter heran als den nassen Stoff. Da die großen Holzschliff verbrauchenden Papierfabriken aber meist günstig zu den Hauptverbrauchspunkten liegen, so stehen selten große Wasserkräfte zur Verfügung. Man muß dann die erforderliche Betriebskraft auf andere Weise erzeugen und hat die Wahl zwischen Dampfmaschine, Dieselmaschine und Elektromotor. Der Elektromotor gilt vielfach als ein äußerst vorteilhaftes, bequemes und wirtschaftliches Übertragungsmittel. Der Bezug elektrischen Stromes aus einem f r e m d e n Netz wird nur in Frage kommen, wo der Strom billig oder als Abfall zur Verfügung steht.

Bei den Fabriken, die sich eigene, durch Wärme- und Verbrennungskraftmaschinen betriebene Großkraftschleifereien schaffen, ist es eine Frage von großer wirtschaftlicher Bedeutung, ob sie die Schleifer unmittelbar mit der Kraftmaschine (Dampfturbine, Kolbenmaschine, Dieselmotor) kuppeln oder ob sie elektrische Übertragung wählen.

Für die unmittelbare Kupplung der Schleifer mit den Kraftmaschinen muß sich die Schleiferei in unmittelbarer Nähe der Kraftanlage befinden, da sonst lange Dampfleitungen erforderlich werden, die die Wirtschaftlichkeit beeinträchtigen. Bei Kolbendampfmaschinen ist man mit der unmittelbaren Kupplung gewissen Beschränkungen unterworfen, die in der Leistungsaufnahme der Schleifer bedingt sind; denn es besteht keine Möglichkeit, mit einer Kolbenmaschine mehr als zwei Schleifer zu kuppeln. Auch diese Ausführung findet man nicht, da sie den Nachteil hat, die Bedienung der Schleifer zu erschweren, weil diese nicht zusammen stehen können, sondern durch die Dampfmaschine räumlich voneinander getrennt werden. Man verzichtet daher hier bei größeren Anlagen auf die unmittelbare Kupplung. Man läßt dann die Kraftmaschine mittels Seilscheiben auf einer Hauptwelle arbeiten, die man wieder mit zwei Schleifern unmittelbar kuppeln kann; oder man betreibt, was allerdings das ungünstigste Verhältnis ergibt, von dieser Hauptwelle die Schleifer wieder durch Seile. Die elektrische Übertragung mittels Dynamomaschine und mit den Schleifern unmittelbar gekuppelter Elektromotoren wird in solchen Fällen immer am wirtschaftlichsten sein.

Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn man als Kraftmaschine eine Dampfturbine hat, die Kraftübertragung durch Zahnradvorgelege braucht. Diese Antriebe können unter gegebenen Verhältnissen durchaus wirtschaftlich sein. Die Möglichkeit, Zahnradgetriebe zu verwenden, ist durch die Räder mit schraubenförmiger Verzahnung gegeben, die eine Verminderung der gleitenden Reibung und eine Verlängerung der Eingriffdauer der Zähne für sich hat und auch jedes Spiel zwischen den Zähnen vermeidet. Die Vorzüge dieser Zahnradgetriebe sind daher ruhiger Gang, selbst bei großen, stark wechselnden Kräften, geringe Zahnabnutzung, hoher Wirkungsgrad der Übertragung und hohes Übersetzungsverhältnis bei nur einem Zahnräderpaar. Die Zahnräderfabriken gewährleisten für solche Zahnradgetriebe einen Wirkungsgrad von 95 bis 98 vH bei einem Übersetzungsverhältnis bis zu 1 : 20 in einem Zahnräderpaar. Um bei den Zahnradvorgelegen einen ruhigen und sicheren Gang zu erreichen und Verschleiß zu verhüten, muß man das große Rad und auch die Ritzel zwischen je zwei Lager setzen. Das Vorgelege kapselt man völlig ein, um die etwa auftretenden Geräusche zu dämpfen und das Umherspritzen von Öl zu vermeiden. Für die Dämpfung der Geräusche haben sich die gußeisernen Gehäuse am besten bewährt. Dieser Antrieb wird aber noch kaum angewendet.

In den Großkraftschleifereien ist es nun üblich geworden, je zwei Schleifer mit einer Kraftaufnahme von je etwa

700 bis 1000 PS mit einer Kraftmaschine zu kuppeln. In diesen Grenzen tritt aber nun bereits eine wirtschaftliche Überlegenheit der Dampfturbinen gegenüber der Kolbenmaschine ein. Außerdem beanspruchen die Dampfturbinen noch wesentlich weniger Raum. Es würde dann an Stelle der Kolbenmaschine der erwähnte Zahnradantrieb von einer Dampfturbine mit einer Übersetzung von 12 : 1 am Platze sein. An Stelle der mechanischen Übertragung ist aber auch in diesem Fall eine elektrische Übertragung vorzuziehen. Man kann dann bei großen Druckpapierfabriken die Schleifer so aufstellen, daß der heiße Stoff unmittelbar in die Holländer läuft und von da noch möglichst heiß auf die Papiermaschine kommt, wo er sich in diesem Zustand am besten entwässert. Ähnlich wie bei den Kolbendampfmaschinen liegen die Verhältnisse beim Antrieb durch Dieselmotoren oder Verbrennungskraftmaschinen, die als Krafterzeuger da von Vorteil sein können, wo die Betriebstoffe wohlfeil zu erhalten sind. Mit dem Dieselmotorenantrieb liegen jedoch genügende Betriebsergebnisse und -erfahrungen noch nicht vor.

Die Vorteile des elektrischen Antriebes der Großkraftschleifer sind so groß, daß man ihn heut eigentlich in neuen Fabriken bei Schleifern aller Bauart am meisten anwendet. Als Stromart kommt in allen Fällen heute der Drehstrom in Frage, da eine Änderung der Umlaufzahl nicht erforderlich ist. Man kann also die in der Bauart einfachsten Drehstrom-Asynchronmotoren verwenden, die außerdem geringe Ansprüche an die Bedienung stellen und den wichtigen Vorteil haben, daß sie einen günstigen Wirkungsgrad aufweisen und daß sie ihre Umlaufzahl bei Belastungsschwankungen, wie sie bei einem Schleifer nicht zu vermeiden sind, nur in praktisch unmerklichen Grenzen verändern. Da es sich stets um größere Leistungen handelt, so kann man hochgespannte Ströme verwenden und so Leitungsverluste sehr niedrig halten.

An diese Schleifermotoren werden große Anforderungen gestellt denn sie müssen bei der in Großkraftschleifereien üblichen Arbeitsweise tage- und wochenlang unter voller Belastung laufen und die sich aus dem Schleifvorgang ergebenden Stöße auffangen, ohne die Möglichkeit zu haben, sich in längeren Betriebspausen abzukühlen. Die Motoren müssen demnach gut gelüftet sein. Mit Rücksicht auf die in den Schleifereien stets feuchte Luft muß die Isolation so sein, daß sie durch Feuchtigkeit nicht angegriffen werden kann, noch vorteilhafter ist es, sie spritzwassersicher zu bauen.

Wenn auch das Anlassen und Abstellen der Motoren im allgemeinen nur selten nötig ist, so muß doch in Betracht gezogen werden, daß es bisweilen von ungeübten und ungeschulten Leuten vorgenommen wird. Es ist daher vorteilhaft, die Schaltung zwangläufig zu machen, so daß alle Handhabungen in genau der richtigen Reihenfolge vor sich gehen müssen. Diesem Zwecke dienen die Schaltwalzenanlasser.

Der elektrische Antrieb der Großkraftschleifer gibt außerdem eine sehr günstige Lösung für die Regelung der Schleifer. Man verwendet dazu einen Drehmagnet, der durch den Hauptstrom des Motors erregt wird. Jede Belastungsänderung am Schleifer ändert verhältnisgleich die Stromstärke im Schleifermotor und demzufolge auch im Drehmagnet. Dem darin elektrisch erzeugten Drehmoment wirkt ein von Gegengewichten erzeugtes mechanisches Drehmoment entgegen, das unveränderlich bleibt. Bei Änderung des elektrisch erzeugten Drehmomentes dreht sich der Anker des Drehmagnets und verstellt den Regler. Durch Verändern der Gewichtbelastung kann die Leistung des Motors und damit des Schleifers verschieden hoch eingestellt werden, worunter allerdings die Empfindlichkeit der Regelung leidet. Um diese für alle Belastungen einzuhalten, wird der Transformator, der den Reglerstrom liefert, mit mehreren Anzapfungen versehen und ein Stufenschalter zur Einstellung benutzt. Damit kann der Reglerstrom für die verschiedenen Belastungen des Motors auf der günstigsten normalen Größe gehalten werden.

Man ist also beim elektrischen Antrieb mehr als bei jeder andern Betriebsart in der Lage, den Punkten, die für ein wirtschaftliches Arbeiten in bezug auf Menge und Güte maßgebend sind, Rechnung zu tragen. Nicht nur für die Großkraftschleifer werden dadurch die besten Bedingungen geschaffen, sondern auch für kleinere Schleifer, die nur wenige hundert Pferdestärken aufnehmen.

Der elektrische Strom bildet auch ein wirksames Mittel, den Betrieb zu vereinfachen und mit weniger geschulten Leuten auszukommen. Diese haben nur noch die Überwachung der Maschinen und bei Vielpressenschleifern auch die Beschickung der Pressen zu übernehmen, während bei den Magazinschleifern und stetigen Schleifern auch diese Arbeit zum großen Teil wegfällt, da die Pressen hier selbsttätig beschickt werden und das Magazin nur von Zeit zu Zeit zu füllen ist. Eine umsichtige, gewissenhafte Überwachung durch einen sach- und fachkundigen Schleifmeister kann man allerdings auch bei ihnen nicht entbehren. Denn der vollkommen selbsttätige Schleifer, der das Vorbild darstellen würde, muß erst noch erfunden werden.

[B 869]

Herstellung von Benzin durch Kracken schwererer Öle[1]).

Von Dr. L. Singer, Wien.

Obwohl Erdöl in der Welt außerordentlich weit verbreitet und seit den frühesten Zeiten bekannt ist, und obschon sich über Erdöl eine sehr umfangreiche Literatur, insbesondere in den letzten 40 Jahren, angesammelt hat, ist seine praktische Verarbeitung in der Hauptsache empirisch geblieben. Der steigende Verbrauch der Motorfahrzeuge, in erster Linie in den Vereinigten Staaten, aber auch im Auslande, hat einen Bedarf an Motortreibmitteln (Benzin) hervorgerufen, der, wenn er im gegenwärtigen Ausmaß ansteigt, nicht mehr durch gewöhnliche Mittel befriedigt werden kann, zumal ein großer Teil der gewonnenen Erdöle kein oder nur wenig Benzin enthält.

Die Benzingewinnung beschränkte sich bisher praktisch darauf, die „raffinierbaren" Bestandteile des Rohöls zu destillieren, wobei man aber mit dem gewohnten Verfahren der Destillation nur beschränkte Mengen erhält. Weder das gelegentliche Erbohren benzinhaltiger Quellen in bekannten Geländen, noch das Auffinden neuer Erdöllager kann hier aushelfen. Die einzige Aussicht bietet vielmehr, unter Schonung der Rohölvorräte möglichst viele leichte Fraktionen (Gasoline, Benzine) zu gewinnen, indem man die schweren Fraktionen heranzieht und diese zersetzt (Kracken). Hierfür können an sich minderwertige Rohöle oder schwere Fraktionen von geringem Marktwert dienen.

[1]) Bearbeitet und teilweise ergänzt nach einem Bericht von C. H. Johnson, Shreveport, Louisiana; „Mechanical Engineering" Bd. 76 (1924) Nr. 12.

Obwohl auf dem Gebiete des Krackens außerordentlich zahlreiche Versuche vorliegen, haben sie doch bis heute nur wenig praktische Ergebnisse gezeitigt; nur wenige Verfahren haben wirklich den Weg aus dem Laboratorium in die Praxis gefunden. Der Vorgang, den man Kracken nennt, und der darauf beruht, daß sich die Kohlenwasserstoffgemische bei bestimmten Hitzegraden und Drücken destruktiv zersetzen und dabei niedrigere Kohlenwasserstoffe ergeben, ist ganz zufällig im Jahre 1861 entdeckt worden, als der Kesselwärter einer Destillieranlage in Newark, New Jersey, einen stark angeheizten Kessel verließ und, nach einiger Zeit wieder zurückgekehrt, zu seinem Erstaunen feststellte, daß das Destillat im spezifischen Gewicht bedeutend zurückgegangen war.

Der ursprüngliche Zweck der sogenannten Krackdestillation war, die zwischen leichtem Petroleum und Schmieröl liegenden Fraktionen, die damals wenig Marktwert hatten, in Leuchtöl umzuwandeln. Inzwischen haben sich die Marktverhältnisse völlig verschoben; man sucht nicht mehr möglichst viel Leuchtpetroleum zu erzeugen, sondern braucht höhere Ausbeute an Treibmitteln für Verbrennungsmaschinen von Luftfahrzeugen, Motorbooten, Kraftwagen. Für den Betrieb von Verbrennungsmaschinen braucht man Schmiermittel und Benzin. Erstere in genügender Menge herzustellen, macht zurzeit keine Sorge, wohl aber das Benzin. Die Gefahr, die einheimischen Rohölvorräte bald zu erschöpfen, wenn man in der bisherigen Weise weiter nur Rohölbenzin, d. i. das unmittelbar aus Rohöl destillierte Benzin, verwendete, stieg von Tag zu Tag, und dies führte ganz zwangläufig zur Ausgestaltung der Krackverfahren.

Natürliches Kohlenwasserstofföl, wie Rohpetroleum, ist ein Gemisch von Stoffen mit verschiedenen Siedepunkten. Jeder der

hochsiedenden Kohlenwasserstoffe, die in dem Gemisch vorhanden sind, wird während der Destillation Temperaturen, die oberhalb seines Siedepunktes liegen, so lange ausgesetzt, bis die leichteren und niedriger siedenden Kohlenwasserstoffe aus dem Destillierkessel entfernt sind. Die hochsiedenden, flüssigen Kohlenwasserstoffe werden dabei stundenlang Temperaturen unterhalb ihres Siedepunktes ausgesetzt, gelegentlich sogar bei großen Destillieranlagen einige Tage lang. Hierbei tritt das Zersetzen oder Kracken ein, wobei wohl, wie bei allen chemisch-organischen Reaktionen die Zeit mitspielt, in der Hauptsache aber Temperatur und Druck den Verlauf der Reaktion bestimmen. Die erhöhte Temperatur bricht die Molekularketten der komplexen Kohlenwasserstoff-Moleküle. Der Druck regelt bei vielen Verfahren die Temperatur, wirkt aber auch selbst auf die Art der Zersetzung.

In der Regel geht die Zersetzung mit hinreichender Geschwindigkeit oberhalb der Siedepunkte der betreffenden Kohlenwasserstoffe vor sich. Wendet man keinen Druck an, so verdampfen diese Kohlenwasserstoffe, entweichen aus der Blase und werden nur wenig verändert. Auch bei genügendem Druck und höherer Temperatur sowie rascherem Verlauf der Zersetzung kann die Umwandlung in das gewünschte Enderzeugnis gleichzeitig mit einem Mindestmaß an Gesamtzersetzung erfolgen; denn die Gesamtersetzung liefert als Enderzeugnisse permanente Gase, Kohlenstoff und schwere Asphaltstoffe. Den Grad der Zersetzung kann man an der Menge des entwickelten Gases erkennen und auf diese Art überwachen.

Die Krackverfahren bestehen also in einem nur zum Teil durchgeführten Verändern oder Zersetzen. Je nach ihrer Ausführung bilden sich größere oder kleinere Mengen permanenter Gase, und damit die Reaktion möglichst rasch verläuft, wendet man beim einfachen Krackverfahren so hohe Temperaturen an, als eben noch bei der Konstruktion der Apparatur mit Sicherheit zulässig ist. Vollzieht sich der Vorgang bei einer niedrigeren Temperatur, so braucht er wesentlich mehr Zeit, gleichbedeutend mit erhöhten Betriebkosten.

Anderseits bringt zu hohe Temperatur übermäßige Mengen der äußersten Zersetzungserzeugnisse mit sich. Im Großbetrieb muß man daher eine mittlere Temperatur wählen, die neben geringsten Mengen von permanenten Gasen und Kohlenstoff eine höchste Zersetzungsgeschwindigkeit gewährleistet. Wie bei allen technischen Verfahren strebt man also auch hier, mit kleinsten Kosten ein Höchstmaß an Ausbeute zu erzielen.

Die Kohlenwasserstoffe, die man erhalten will, sollen einen Anfangssiedepunkt nicht über 60 °C, einen Endsiedepunkt nicht über 230 °C haben; ihr spezifisches Gewicht soll etwa zwischen 50 und 58 ° Bé (0.7795 und 0,747) liegen. Sie sollen wasserhell sein, nicht übel riechen und sich in der Zusammensetzung nicht ändern.

Die meisten heut im praktischen Gebrauch befindlichen Verfahren bauen sich auf den Patenten von William Burton (amerik. Pat. 1 049 667 v. 7. Januar 1913) sowie von J. A. Dubbs (amerik. Pat. 1 123 502 v. 5. Januar 1915) auf; Dubbs (Universal Oil Products Corp.) beansprucht aber die Priorität seines Verfahrens gegenüber Burton (Standard Oil Co. of Indiana), worüber ein Patentstreit schwebt.

Bei den heut üblichen Krackverfahren kann man drei Hauptgruppen unterscheiden:

1. Verfahren, wobei die Flüssigkeit einer bestimmten Temperatur und bestimmten Drücken unterworfen wird,
2. Verfahren, wobei die Dämpfe mit oder ohne Anwendung von Druck erhitzt werden, und
3. solche, bei denen man die Flüssigkeit oder den Dampf in Gegenwart eines Katalysators erhitzt.

Roy Cross (Bull. Kansas City Testing Laboratory Nr. 16) unterscheidet:

I. bezüglich der Dampfphase: A) bei Atmosphärendruck:
   1. hohe Temperaturen (Pintschgas),
   2. niedrige Temperaturen;
   B) bei erhöhtem Druck:
   1. hohe Temperaturen (Rittman),
   2. niedrige Temperaturen.

II. bezüglich der flüssigen Phase: A) Mit Destillation (Destillation notwendig):
   1. bei Atmosphärendruck
      a) ohne Chemikalien,
      b) mit Chemikalien,
   2. bei höherem Druck (Dewar und Redwood, Dubbs, Burton, Clark, Jenkins, Fleming),
   3. bei sehr hohem Druck (Destillation bei verringertem Druck);
   B) ohne Destillation (notwendig bei hohem Druck):
   1. unterbrochen,
   2. ununterbrochen
      a) Heiz- und Reaktionszone sind identisch,
      b) Heiz- und Reaktionszone sind getrennt.

Arbeitsverfahren, wobei man Öldampf bei Atmosphärendruck erhitzt, bezwecken hauptsächlich die Herstellung von Gas. Da Öldampf sehr geringe spezifische Wärme hat, muß man höhere Temperaturen verwenden, die sich nicht genau überwachen lassen. Ursprünglich hat man das Kracken von Öl durch Erhitzen in der Dampfphase unter gleichzeitiger Drucksteigerung ausgeführt.

Mehr Erfolg hatten jedoch jene Verfahren, die in der flüssigen Phase arbeiten. Zurzeit wird der größere Teil des synthetischen Benzins durch Destillation bei Drücken erzeugt, die hoch über 1 at liegen. Reaktion und Destillation gehen in demselben Kessel vor sich. Damit ist ein großer Rücklauf sowie die Notwendigkeit verbunden, das Benzin sofort, wenn es gebildet ist, zu entfernen. Dies bedeutet gewaltigen Wärmeverlust und Verzögerung der Reaktion, doch ist die Destillation notwendig, weil sonst sehr hohe Arbeitsdrücke notwendig wären. Verwendet man sehr hohe Drücke, so kann man die Reaktion in kürzerer Zeit durchführen, und es gibt solche Verfahren, wobei man dann bei niedriger Temperatur destilliert. Zurzeit stehen die Krackverfahren noch in ihrer ersten Entwicklung.

Gegen die Verwendung der Krackerzeugnisse hatte man zuerst großes Vorurteil. Krackleuchtöle galten als minderwertig in bezug auf Leuchtkraft und sollen angeblich bei längerem Lagern nachdunkeln. Die ungesättigten Kohlenwasserstoffe, die unangenehm riechen und die man nur mit wesentlich erhöhtem Aufwand an Schwefelsäure entfernen kann, erhöhten die Herstellkosten wesentlich.

Auch Krackbenzine leiden unter solchen Vorurteilen. Sie sollen in den Zylindern der Verbrennungsmaschinen größere Mengen an Ruß absetzen, obwohl dies durch schlechte Gemische, die nicht richtig und nicht vollständig verbrennen, hervorgerufen werden mag. Im Gegensatz zu diesen Behauptungen haben Untersuchungen gezeigt, daß Kraftwagen mit richtig hergestelltem Krackbenzin größere Wegleistung haben als mit unmittelbar aus Rohöl hergestelltem Benzin, weil Krackbenzin langsamer abbrennt, während Rohölbenzin explosionsartig wirkt. In Wirklichkeit sind daher die Krackbenzine für Automobilmotoren anscheinend wertvoller und Mischungen von Krackbenzin mit Rohölbenzin jedenfalls zu empfehlen.

Das Verfahren der Druckdestillation in der flüssigen Phase ist heute das einzige, das in größtem Maßstab ausgeübt wird und im Rahmen der praktischen Benzinerzeugung wirklich eine Rolle spielt. An und für sich ist die Druckdestillation nicht neu, aber erst Burton hat sie in den Großbetrieb eingeführt.

Bei den Verfahren, die in der Dampfphase arbeiten, leitet man das Öl durch Röhren, die stark erhitzt werden. Ob dabei das Öl vor dem Kracken vollkommen verdampft, ist fraglich. Beim Destillationsverfahren gilt für jedes Öl eine bestimmte Beziehung zwischen Temperatur und Druck. Dagegen können beim Dampfphasenverfahren Temperatur und Druck unabhängig voneinander und von den physikalischen Eigenschaften des Ausgangsstoffes geändert werden. Man kann daher die Krackzone als ein einphasiges oder Dampfsystem ansehen. Während bei Druckdestillation der Druck wesentlich ist, ist bei den Dampfphasenverfahren praktisch zwar Druck auch üblich, aber nicht unbedingt erforderlich; denn es handelt sich im allgemeinen darum, jene hohe Temperatur zu erreichen, die den gewünschten Grad der Umwandlung bewirkt. In der Regel mißt man die Temperatur an der Stelle, wo die Krackerzeugnisse die Heizzone verlassen, und diese Temperatur schwankt zwischen 500 und 600 °C.

Beim Dampfphasenverfahren wird das gebildete Benzin nicht ununterbrochen entfernt, sondern es wandert zusammen mit dem gekrackten Öl durch das ganze Heizsystem. Dadurch wird es nach seiner Bildung noch ziemlich lange der Hitzewirkung ausgesetzt und unter Bildung permanenter Gase weiter gespalten. Da also die Temperaturen ohne Zweifel höher sind als bei Druckdestillation, muß man wohl beim Arbeiten in der Dampfphase mit höherer Erzeugung von Gas rechnen als beim Arbeiten in der flüssigen Phase.

Vom Standpunkte der chemischen Kinetik scheint das Druckdestillationsverfahren vorteilhafter. Die Temperatur der Hauptmenge der Flüssigkeit ist verhältnismäßig niedrig, aber die der wärmeabgebenden Metallflächen wesentlich höher. Das Benzin wird im Augenblick des Entstehens aus der Krackzone entfernt; denn es ist bei den gewählten Temperaturen und Drücken flüchtig und entweicht sofort in die Geistleitung. Infolgedessen ist die Ausbeute an flüssigen Kohlenwasserstoffen hoch und die Bildung von Kohlenstoff und permanenten Gasen auf ein Mindestmaß beschränkt. Das Arbeiten in der flüssigen Phase hat also, zusammengefaßt, die Vorteile, daß für das Kracken eine verhältnismäßig niedrige Temperatur genügt, die Ausbeute an Gasolin höher und die Wärmewirtschaft besser ist.

Diesen Vorteilen stehen aber Nachteile gegenüber. Sie gehen dahin, daß insbesondre bei Beschädigung der Röhren große Mengen von Öl in die Heizung gelangen, ferner, daß man verhältnismäßig leichte Destillate, wie Leichtpetroleum, nur unter sehr hohem Druck zersetzen kann, wogegen beim Dampfphasenverfahren, von andern Vorteilen abgesehen, jeweils nur eine sehr geringe Menge Öl dem Feuer unmittelbar ausgesetzt ist und allenfalls in Brand geraten kann, endlich daß man, wie eben oben erwähnt, Druck und Temperatur unabhängig voneinander wechseln und daher auch leichte Destillate kracken kann.

Die Dampfphasenverfahren haben jedoch anderseits wieder als Nachteil die hohen Drücke in der Apparatur, daß sich ferner Kohlenstoff auf den Schab- oder Rühreinrichtungen ansetzt und schließlich die Rohre zusetzt sowie endlich, daß sich die Dämpfe unvermeidlich überhitzen, weil sie mit den Rohrwänden in enge Berührung kommen, was Zersetzung, also Bildung von Kohlenstoff und permanenten Gasen zur Folge hat. Es ist bekannt, wie schwer es ist, in einem Metallbehälter Gas oder Dampf zu erhitzen, und wie kostspielig solche Verfahren sind.

Das Burton-Verfahren wird in ausgedehntem Maße hauptsächlich von der Standard Oil Co. in Whiting und von deren Tochtergesellschaften verwendet. Man arbeitet in der flüssigen Phase mit Zylinderkesseln (Burton) oder Heine-Kesseln (Clark), worin Gasöl oder Heizöl unter Umlauf und bei 4 bis 5 at Druck erhitzt wird; unter diesem Druck werden auch die Dämpfe niedergeschlagen. Die Unannehmlichkeiten durch Ausscheiden von Kohle sind zwar bedeutend, aber die Ergebnisse sind ganz hervorragend.

Beim Burton-Clark-Verfahren verwendet man Einheiten, die etwa 165 Faß täglich verarbeiten. Man benutzt liegende Zylinderkessel von 3 m Dmr. und 9 m Länge, an deren Deckeln vorn und hinten je 54 Rohre von 100 mm Dmr. befestigt sind, ähnlich wie bei Wasserrohrkesseln. Die Rohre sind geneigt, damit der Umlauf den gebildeten Kohlenstoff von den geheizten Flächen an eine andre Stelle des Kessels fortspült. Der Mantel wird gegen Feuer geschützt, während die Rohre geheizt werden. Geistleitungen von 200 mm Dmr. führen die Dämpfe zu Luftkühlern, die aus rd. 120 m Rohrleitungen von 100 mm Dmr. bestehen. Dann gelangen die Dämpfe in einen Dampfwärmeaustauscher und über Wasserkühler in die Vorlage.

Die unkondensierten Dämpfe sammeln sich im Oberteil der Vorlage und werden durch Prüfventile in Benzinabscheider oder in die Heizung abgeführt. Das unten aus der Vorlage abgezogene Benzin läuft durch Meßgeräte in die üblichen Auffangbehälter. Das Rohöl gelangt über Meßgeräte in den Dampfwärmeaustauscher und durch die Geistrohre in den Kessel. Eben dahin fließt auch der Rücklauf aus den Luftkühlern. Der Druck im ganzen System beträgt 5,25 bis 5,95 at. Die Überwachung der ganzen Einrichtung erfolgt im Empfangshaus, in der Regel oberhalb der Kühler. Ein Vorgang dauert 72 h; man erhält 60 bis 70 vH Destillat, wovon 50 vH Benzin sind. Der zurückbleibende Teer wird abgezogen und verheizt. An Koks liefert jede Beschickung 70 bis 140 kg; dieser wird durch Handarbeit entfernt. Die Standard Oil Co. of Indiana gibt diese Verfahren gegen eine Lizenz von 0,4 c für die Gallone Füllung, d. s. 0,445 ₰/l, ab und behält sich außerdem vor, ⅓ des so erzeugten Benzins innerhalb 60 Tagen abzurufen.

Bei dem in der flüssigen Phase arbeitenden Dubbs-Verfahren verwendet man Gruppen von 400 Faß Inhalt, die aus Heizkörpern, Expansionskammern, einem Dephlegmator, Kondensations- und Kühlkörpern, einem Sammelbehälter und der notwendigen Pumpeinrichtung bestehen. Als Heizkörper dienen 50 nahtlos gezogene, 9 m lange Rohre von 100 mm Dmr., deren Enden durch entsprechende Stücke verbunden sind, so daß eine ununterbrochene Schlange von 450 m Länge und 1500 m² Heizfläche entsteht. Diese Rohre sind derart eingemauert, daß die Heizgase die Rohre über eine Trennungsmauer hinweg von oben nach unten bestreichen und sodann in den Fuchs und den Schornstein gelangen. Die Expansionskammer ist ein unter dem Hammer geschweißtes Gefäß von 3 m Dmr. und 3 m Höhe, das mit einem Gußstahlring auf einer Platte aus Beton steht. Der Mantel wird gründlich isoliert, damit Wärmeverluste vermieden werden. Der Dephlegmator ist ein aufrechter Stahlzylinder von rd. 0,9 m Dmr. und 3,6 m Höhe und etwa 27 m hoch auf einem Gerüst angebracht. Die Kondensation wird über dem Dach des Maschinenhauses aufgestellt, das aus Beton und Ziegeln gebaut wird und die Pumpanlage sowie die notwendigen Kontrollgeräte enthält. Die Kühlschlangen für den Rückstand liegen in einem geeigneten Kühlkasten.

Das Rohöl wird unten in die Heizschlange gepumpt, fließt im Gegenstrom zu den Heizgasen nach oben durch die Schlange und tritt unter rd. 8,4 bis 11,2 at Druck und 400 bis 450 °C Temperatur oben in die Expansionskammer ein. Hier werden die Dämpfe entspannt und in den Dephlegmator abgeleitet. Am Boden der Kammer setzt sich Kohlenstoff oder Koks ab; das schwere Rückstandöl, das sich über den Koks ansammelt, wird ständig abgelassen. In den Dephlegmator treten die Dämpfe unten ein und durchströmen das Dephlegmatorsystem, worin die schwereren Bestandteile abgefangen und in die Schlange zurückgeführt werden. Oben aus dem Dephlegmator entweichen die leichten Dämpfe in die Kondensations- und Kühlschlangen und den Sammelbehälter. Hier wird der Druck aufgehoben und das Destillat in die Empfangsbehälter abgelassen. Ebenso werden die permanenten Gase aus dem Sammler entfernt. Man kann sie durch eine Absorptions- oder eine Verdichteranlage strömen lassen, wodurch man die Benzinausbeute erhöht, bevor man sie verheizt. Die Menge der Gase beträgt gegen 1½ bis 3 vH der Füllung. Aus 1 m³ Gas kann man 0,67 l Benzin gewinnen.

Die Temperatur im Dephlegmator wird dadurch geregelt, daß man diesen von oben her mit einem Teil des erzeugten Druckdestillates beschickt, das dann über die Verteileinrichtung nach unten läuft. Hierdurch werden die Dämpfe abgekühlt, die schweren Anteile zum Rücklauf in die Schlange gezwungen, und gleichzeitig geben die Dämpfe Wärme ab, um das Destillat zu verdampfen. Durch dieses ständige Zurücklaufen und Umlaufen erhält man Destillat in gewünschter Menge und Beschaffenheit. In den Heizkörpern setzt sich nur wenig oder gar kein Kohlenstoff ab, da man das schwere Heizöl ununterbrochen entfernt und sich der Kohlenstoff in den Expansionskammern absetzt. Da, verglichen mit der Beschickung an Rohstoff, verhältnismäßig viel Rücklauföl gebildet wird, so wird das Rohöl gut vorgewärmt. Aus 500 Faß Frischöl entstehen 60 bis 70 vH Druckdestillat, 38 bis 27 vH Heizöl und 2 bis 3 vH Kohlenstoff.

Vor Beginn jeder Charge hängt man in die Expansionskammer Ketten ein, die nach Beendigung der Destillation dazu dienen, den Koksansatz aufzubrechen; das kürzt die für die Reinigung nötige Zeit wesentlich ab. Wie lange eine Charge dauert, hängt ganz vom Ausgangstoff ab; bei Verwendung von entbenziniertem Rohöl kann man 5 bis 6 Tage durcharbeiten, wobei auf 1 Faß Rohöl 5,4 bis 5,9 kg Koks entstehen. Dagegen kann man Gasöl 5 bis 15 Tage lang verarbeiten. Der Brennstoffverbrauch ist hoch, beträgt 6 bis 12 vH, wird aber durch die Ausbeute gerechtfertigt. Die Lizenzgebühr beträgt 0,63 ℳ für 1 Faß (rd. 160 l) behandelten Rohstoffs.

Das Greenstreet-Verfahren (engl. Pat. 16 452/1912) besteht darin, daß man die Öldämpfe zusammen mit Wasserdampf durch erhitzte Rohre streichen läßt. Erst preßt man das Öl durch entsprechend in der Feuerung angeordnete Vorwärmschlangen, wobei keine hohen Temperaturen herrschen sollen, dann führt man Dampf ein und leitet das Gemisch von Dampf und Öl in die Krackschlangen, wo sehr hohe Temperaturen verwendet werden. Aus der Krackzone gelangen die Erzeugnisse in die Expansionstrommeln, wovon je eine zu jeder Krackschlange gehört. Sie sollen den Druck ausgleichen sowie das Kracken fortsetzen. Beim Austritt aus den Expansionstrommeln wird der Druck der leichteren Dämpfe verringert, bevor sie in die Kondensatoren gelangen. Die schweren Anteile leitet man vom Boden der Expansionstrommeln ab.

Das Rohrsystem, das in der Feuerung liegt, besteht aus sechs oder mehr langen, flachen Schlangen von 50 mm Dmr. und je 130 m Gesamtlänge. Sie sind so aufgebaut, daß man sie leicht ersetzen kann. Man kann darin die verschiedensten Rohstoffe verarbeiten, wenn man nur Druck, Temperatur und Menge des Zusatzdampfes ändert. Bei richtiger Behandlung soll dann angeblich überhaupt kein Kohlenstoff entstehen.

Das Hall-Verfahren ist zwar amerikanischen Ursprungs, aber während des Krieges in England zur Herstellung von Benzol und Toluol verwendet worden. Es gehört der Texas Co. und arbeitet ohne Wasserdampf; die Geschwindigkeit der Dämpfe erreicht 1500 bis 1800 m/min. Am Ende der Rohrgruppe entspannen sich die Dämpfe bis nahe an den Atmosphärendruck. Aus den Expansionstrommeln treten die Dämpfe in eine Reihe von Dephlegmationstürmen über, gelangen dann in einen Kompressor und werden gekühlt. Jede Schlange besteht aus 200 m Rohr von 25 mm l. W.

Beim Rittman-Verfahren findet das Kracken in einem aufrechten Rohr in der Dampfphase statt. Im oberen Teil des Rohres wird das zu verarbeitende Öl zerstäubt und dadurch plötzlich vergast und ohne jede Flüssigkeit bei mindestens 6 at Druck gekrackt. Dampf und Teer werden aus dem Teerkessel am Boden des Rohres, Koks von den Wänden des Rohres mit mechanischen Einrichtungen entfernt. Da der Druck unverändert bleibt und die Temperatur geändert werden kann oder umgekehrt, ist das System ein Einphasensystem.

Das Aluminiumchlorid-Verfahren beruht auf den Patenten von Dr. A. M. McAfee (Gulf Refining Co.); in Gegenwart von wasserfreiem Aluminiumchlorid oder einem wasserfreien Aluminiumsalz wird danach Öl unter Rühren in einer Blase erhitzt. Das Öl muß wasserfrei sein, und ehe man die Destillation beginnt, setzt man von dem Katalysator im Höchstmaß 8 vH nach dem Gewicht der Füllung zu. Zwischen Blase und Kondensation sind Fraktioniertürme eingeschaltet, welche die höher siedenden Anteile wieder in die Blase zurückführen. Man destilliert langsam und ununterbrochen bei 260 bis 280 °C etwa 24 bis 48 h und erhält so aus Rückstandöl 15 vH Destillat oder mehr. Das Aluminiumchlorid wird von körnigem Koks ganz eingeschlossen und kann mit ihm leicht entfernt werden. Als Rückstand bleibt ein schweres asphaltfreies Öl, woraus man hochwertige Schmieröle, Paraffin und Vaselin herstellen kann. Das erhaltene Destillat ist wasserhell, hat angenehmen Geruch und muß nur mit verdünnter Lauge und Wasser gewaschen werden. Die Hauptschwierigkeit des Verfahrens ist, das Aluminiumchlorid billig zurückzugewinnen.

Eine Anlage nach dem Cross-Verfahren verarbeitet 500 Faß im Tag und umfaßt Heizkörper, Reaktionskammer und das sonstige Zubehör. Die Heizkörper bestehen aus zwei Rohrgruppen, einer oberen zum Vorwärmen, einer unteren für das Kracken. Jede Gruppe enthält 28 nahtlos gezogene 6 m lange Rohre von 100 mm innerem und 125 mm äußerem Durchmesser, die an den

Enden durch Gußstahlkrümmer verbunden sind. Als Reaktionskammer dient ein Stahlzylinder von 950 mm innerem und 1100 mm äußerem Durchmesser bei 12 m Länge. Die ganze Apparatur muß 42 at Arbeitsdruck und 460 °C aushalten können.

Das Öl gelangt erst in die Vorwärmschlange und fließt dann von oben nach unten durch die Krackschlange, wobei der Druck hoch genug ist, daß das Öl flüssig bleibt. In der Reaktionskammer bleibt das Öl so lange, in der Regel 15 min, bis das Gleichgewicht zwischen flüssiger und Dampfphase hergestellt wird. Unter einem Druck von rd. 2,8 at, der durch ein an geeigneter Stelle angebrachtes Überdruckventil eingestellt wird, gelangt das Öl in den Sammler, wo man das Gas entfernt, um es zu verheizen, während das synthetische Rohöl in den Lagerbehälter läuft. Es wird dann in den üblichen Destillationsanlagen weiterverarbeitet.

Im allgemeinen liefert das Verfahren 96 vH der Beschickung als synthetisches Rohöl; permanente Gase, Kohlenstoff und Verlust erreichen zusammen nur 4 vH. Das Gas reicht zur Durchführung der gesamten Krackung aus. Destilliert man das synthetische Rohöl, so erhält man in der Regel 28 bis 29 vH Benzin. Wird das hierbei im Rückstand verbleibende Gasöl nochmals gekrackt, so erhöht das natürlich die Benzinausbeute. Auf den Einsatz gerechnet erhält man aus der ersten Destillation und einer Nachkrackung rd. 43 vH, aus einer zweiten Nachkrackung weitere 8 vH Benzin.

Das Verfahren ist besonders deswegen beachtenswert, weil es gestattet, Kerosindestillate vorteilhaft zu verarbeiten. Bei Verarbeitung von Heizölen muß man die Beschickdauer wesentlich abkürzen. In der Regel kann man bei Gasöl 150 bis 175 Stunden durcharbeiten. Das Verfahren ist Eigentum der Gasoline Products Co., New York und Kansas City, die je Faß 10 c Abgabe verlangt. Mit der Texas Co. besteht ein Übereinkommen, ebenso wird mit der Standard Oil Co. in New Jersey und der von Indiana wegen eines Austausches von Patentrechten verhandelt.

Die für 200 Faß bemessene Anlage des Fleming-Verfahrens besteht aus einem senkrechten Stahlkessel, einem Dephlegmator, Spritzkondensatoren, Rückstandkühlschlange und dazu notwendigen Pumpeinrichtungen. Die Blase ist unter dem Hammer geschweißt, hat 3 m Dmr. und 15 m Höhe und ruht mit einem Gußstahlring auf einer Betonplatte. Vier im Umkreis gleichmäßig verteilte Brenner heizen die Blase, deren Boden durch ein leichtes Schamottegewölbe gegen die unmittelbare Wirkung der Flamme geschützt wird. Auf 1,5 oder 1,8 m ist der Kessel sorgfältig isoliert. Als Dephlegmator dient ein aufrechter Stahlzylinder von 0,9 m Dmr. und 4 m Höhe auf einem 16 m hohen Gerüst.

Man beschickt den Kessel mit 300 Faß Rohöl und erhitzt langsam, bis die ersten Destillate übertreten. Dann läßt man durch den Oberteil des Dephlegmators etwa 950 bis 1040 l/h Rohöl einströmen und so durch die entwickelten Dämpfe vorwärmen. Die leichtesten Dämpfe gelangen in die Kondensation und die Kühler, während die schweren Anteile aus dem Dephlegmator in den Kessel zurückfließen. Ein bestimmter Anteil des zurückfließenden Öles wird gekühlt und zum Regeln der Temperatur wieder auf den Turm zurückgepumpt.

Die Kondensation vollzieht sich mit Hilfe einer Sprühvorrichtung, wobei ein Nadelventil den Dampf zwischen zwei Kegeln entspannt. Bis zum Nadelventil steht die Anlage unter dem Druck des Kessels. Im Hals des Kühlers herrscht kein Überdruck mehr, sondern leichter Unterdruck. Im Abscheider werden Wasser und Öl getrennt, die Gase, die abgeschieden werden, dienen zum Heizen. Ein Einsatz beansprucht einschließlich Reinigung 60 bis 80 h. Am Ende der Charge hat der Kessel noch immer Hitze genug, um 100 bis 150 Faß Gasöl abzudestillieren, wobei Heizöl von bestimmter Viskosität und bestimmtem Gewicht zurückbleibt.

Das Verfahren gehört der M. W. Kellogg Co., Jersey City, N. J. Die Lizenzgebühr beträgt 20 000 $ für jede Blasenfüllung, zahlbar in zwei Jahren.

Die Jenkins Petroleum Process Co., Chicago, ist Eigentümerin zahlreicher Patente auf Krackverfahren. Der Krackkessel, den danach die Blaw-Knox Co., Pittsburgh, Pa., baut, ähnelt den Heine-Wasserrohrkesseln. Er enthält z. B. 226 Rohre von 75 mm l. W. und 5 m Länge, die 10 Reihen hoch in 23 Reihen nebeneinander angeordnet sind. Der Betriebsdruck beträgt 10,5 at, die Arbeitstemperatur 400 °C. Vor der Inbetriebsetzung wird jeder Kessel auf 15,75 at Druck bei 52 °C geprüft. Der Kessel wird so eingemauert, daß nur die Rohre beheizt werden. Ein gußeiserner Rührflügel von angemessenem Durchmesser erzeugt einen Umlauf in der Blase, so daß die Wärmeübertragung außerordentlich gut ist. Zum Antrieb des Flügels dient ein 30- bis 50pferdiger Motor, der mit dem Flügel unmittelbar gekuppelt ist. Die Geistleitung endigt in einem Turm, der bei 1,8 m Dmr. 4,8 m hoch ist und aus drei Trommeln von je 1,8 m Dmr. und 1,2 m Höhe besteht; diese sind durch zwei Gruppen von 120 Rohren, jedes 0,6 m lang und von 100 mm Dmr., verbunden.

Man beschickt die Kessel erst mit 150 bis 155 Faß Öl und bringt sie auf Druck und Temperatur, wozu man rd. 7 h braucht. Während der nächsten 92 h laufen weitere 25 bis 30 Faß Rohöl stündlich in die Blase. Zum Auspumpen braucht man 2 h, zum Dampfen und Kühlen 6 h, worauf die Reinigungsmannschaft den Kessel betritt und die angehäuften Koks entfernen kann. Die Rohre werden mit besonderen Vorrichtungen gereinigt. Die gesamte Reinigung beansprucht 14 h, woraus sich eine Gesamtdauer der Charge von 123 h ergibt.

Eine 200 mm-Geistleitung führt die Dämpfe in den unteren Teil des Turmes. Sie durchstreichen eine Gruppe der Rohre, gelangen in den mittleren Turmabschnitt und dann durch eine weitere Gruppe von Rohren in den oberen Teil des Turmes. Aus dem unteren und dem mittleren Teil führt man den Ablauf in geheizte Kessel, die bei Destillation Benzin abgeben, und mit diesem Benzin vermischt man die leichten Anteile aus dem ersten Turmabschnitt. Mit Hilfe eines Gebläses wird das abgeschiedene permanente Gas in den Gasbehälter geführt, von wo es in die Heizbrenner gelangt. Vor dem Gasbehälter liegt ein Wasserverschluß, der das Gas reinigt und Schwefelwasserstoff entfernt. Der Verbrauch an Brennstoff beträgt etwa 7 vH.

Anlagen nach dem Coast-Cosden-System verarbeiten 150 bis 160 Faß Gasöl im Tag. Der Kessel ist ein liegender Zylinder von 2,4 m Dmr. und 12 m Länge. Eine Kette hält den Boden frei von Kohlenstoff, der ständig in der Schwebe gehalten wird. Drei aus Zylindern und Rohren zusammengesetzte Luftkühler oder liegende Rückflußtürme führen die Dämpfe ab. Im Ventilhaus werden sie entspannt und dann bei gewöhnlichem Druck kondensiert.

Man arbeitet so, daß man den Kessel mit 250 Faß Gasöl beschickt und auf 400 °C heizt, während der Druck auf 5,6 at steigt. Die Dämpfe, die in die Türme gelangen, werden zu 90 vH kondensiert und laufen in den Kessel zurück. Die nichtkondensierten Dämpfe gelangen unter Entspannung in den Kondensator. Man regelt den Betrieb, indem man die Menge der durch das Drosselventil in den Kondensator eintretenden Dämpfe steigert oder vermindert. Das Kondensat gelangt dann durch einen Gas- und Wasserscheider in ein Meßgerät. Auch das rohe Gasöl strömt durch ein Meßgerät und durch einen Vorwärmer, so daß es bereits mit 150 bis 170 °C in den Kessel eintritt. Während des Kreislaufs werden weitere 150 Faß Gasöl zugepumpt, so daß insgesamt 400 Faß verarbeitet werden.

Eine Beschickung beansprucht 60 h, was der genannten Leistung von 160 Faß in 24 h entspricht. Hiervon entfallen 52 h auf die eigentliche Arbeit, 7½ h auf Beschicken, Kühlen und Ausdämpfen, ½ h auf die Reinigung. Man erhält rd. 70 vH des Gasöles an Destillat, 25 vH bleiben als Heizöl zurück, der Verlust beträgt rd. 4 vH. Raffiniert man das Destillat, ehe man es mit Dampf destilliert, so verliert man weitere 2 vH. Das Druckdestillat gibt 7,2 vH Petroleum, 30,6 vH Heizöl, 0,9 vH Verlust.

Zurückgerechnet auf das Gasöl beträgt die Ausbeute 40 vH Benzin von 56° Bé und 225° Endpunkt der Verdampfkurve, 7 vH Petroleum, wasserhell, von 42° Bé, 47 vH Heizöl von 22° Bé und 6 vH Verlust. Der Brennstoffverbrauch beträgt im Mittel 9 vH der Gesamtfüllung. Das Verfahren ist Eigentum der F. W. Freeborn Engineering Corp., Tulsa, Okla., die als Lizenz 0,556 ₰/l vom erzeugten Benzin erhebt.

Das Isom-Verfahren (amerik. Pat. 1 285 200) der Sinclair Refining Co. arbeitet bei 7 bis 8,75 at Druck und bei Temperaturen, die selten 400 °C überschreiten. Der Kessel kann 235 Faß rohes Gasöl aufnehmen, die tägliche Leistung beträgt rd. 1200 Faß. Als Heizkörper dienen 50 Rohre von 100 mm l. W., deren Fosterüberhitzerringe 250 m² Heizfläche haben; die Röhren allein haben 83,6 m² Heizfläche. Die Heizkörper sind senkrecht im Ofen angeordnet; das Öl wird durch eine Connersville-Heizpumpe aus einem liegenden Kessel von 3 m Dmr. und 9,6 m Länge abgesaugt und über das Röhrenbündel wieder in diesen Kessel gepreßt. Die im Kessel entstehenden Dämpfe strömen durch einen Rücklauf von 1.5 m Dmr. und 8.4 m Höhe, durch den von oben nach unten Rohöl fließt. Die Kondensation der Dämpfe vollzieht sich unter Druck. Eine Charge dauert 48 h, wovon 18 h für Inbetriebsetzen, Kühlen und Reinigen erforderlich sind. Man erhält 500 bis 800 Faß Destillat von 49,8° Bé neben 500 bis 800 Faß Druckteer von 24° Bé. Unter normalen Arbeitsverhältnissen sind Destillat 50 vH, Verlust 7 vH und der Rest Teer.

Die im vorstehenden geschilderten Krackverfahren haben in Europa noch keinen Eingang gefunden. Das liegt hauptsächlich an markttechnischen Verhältnissen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Versuche, Benzin durch Kracken zu erzeugen, hat man aber auch bei uns wiederholt gemacht, und es sei hier auf die Verfahren von Graefe, Walther und Blümner hingewiesen. Einen besondern Weg zum Gewinnen von leichten Kohlenwasserstoffen aus schweren hat Dr. Bergius eingeschlagen, wobei Hydrieren unter hohem Druck in Anwendung kommt.

Dem Umfang nach nehmen in Amerika die Anlagen nach Burton gegenwärtig die erste Stellung ein, dann folgen die von Cross und von Dubbs. Die Patentliteratur dieses Gebietes ist außerordentlich umfangreich. Über Fortschritte wird ständig in der Zeitschrift „Petroleum" (Berlin) berichtet. [N 127]

RUNDSCHAU.

Verkehrswesen.

Die Zugspitzenbahn.

Die Arbeiten zum Bau einer Seilschwebebahn auf die Zugspitze nach der Bauart Bleichert-Zuegg sind bereits in vollem Gange. Man ist gegenwärtig dabei, die Stützen für die Seilaufhängung aufzustellen. Die Seilbahn soll in ziemlich gleichmäßiger Steigung, s. das Längsprofil, Abb. 1, von Obermoos, das man von dem Bahnhof Ehrwald im Kraftwagen erreichen wird, bis etwa 150 m unter dem Gipfel der Zugspitze führen. Die Linienführung verläuft vollständig auf österreichischem Gebiet. Der Höhenunterschied beträgt 2805 — 1224 = 1581 m, die wagerechte Länge 2975 m und die schiefe Länge der Bahn 3380 m. Sechs Stützen, von denen die höchste 31 m hoch ist, sind zum Tragen der Seile vorgesehen. Die größte freie Länge zwischen Stütze 1 und Stütze 2 beträgt 1100 m und die größte Höhe, die der Wagen über dem Berghang erreicht, etwa 120 m.

Die Bauart Bleichert-Zuegg sieht ein Tragseil, ein Zugseil und ein Hilfszugseil vor, Abb. 2 und 3. Beim Reißen des Zugseiles klemmt die Aufhängevorrichtung augenblicklich selbsttätig am Tragseil fest und bringt, wie durch Versuche dargetan worden ist, den Wagen bei einer Geschwindigkeit von 4,5 m/s auf einem Weg von etwa 5 m zum Stillstand, wobei die am Wagen angebrachte Dämpfungsbremse das Pendeln des Fahrzeugs vermindert. Zur Erhöhung der Sicherheit steht der Führer der 20 Personen fassenden 2800 kg schweren Gondel in ständiger telephonischer Verbindung mit den Haltestellen. Andre Sicherheitsvorrichtungen verhindern das Überfahren der Haltestellen und ermöglichen dem Führer jederzeit das Stillsetzen der Anlage. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von etwa 3,5 m/s wird die Fahrzeit rd. 16 min betragen. Zum Antrieb der ganzen Anlage, auf der jeweils ein Wagen aufwärts, ein zweiter abwärts fährt, ist ein 100 PS-Drehstrommotor in der Talhaltestelle aufgestellt. Fährt ein vollbeladener Wagen abwärts und ein leerer aufwärts, so kann die beträchtliche Überschußenergie zum Aufladen einer Batterie benutzt werden.

Abb. 4 bis 9 zeigen die Einrichtung der Tal- und der Berghaltestellen. Natürlich wird der Bau einer derartigen Anlage in unwirtlicher Höhe große Schwierigkeiten bereiten; man denke allein an das Hinaufbringen des 48 mm dicken, 35 t schweren Haupttragseiles (Herkulesbauart) und die Aufstellung der Stützen. Weil man aber den Unterbau der Strecke spart, wird der Bau dieser Bahn voraussichtlich schon Ende dieses Jahres vollendet

Abb. 4 bis 6. Talhaltestelle der Zugspitzenbahn mit Maschinenhaus und Bahnsteig.

Abb. 1. Längenprofil der Zugspitzenbahn.

Abb. 2 und 3. Anordnung der Personen-Seilschwebebahnen, Bauart Bleichert-Zuegg.

Abb. 7 bis 9. Berghaltestelle der Zugspitzenbahn mit den Umlenkrollen.

Abb. 10 bis 13. Höchstwerte der Induktion (B_{max}), Remanenz (B_r), Koerzitivkraft (H_c) und Güteziffer ($B_r H_c$) bei Wolframmagneten in Abhängigkeit vom C-Gehalt.

sein; ganz im Gegensatz zu der auf deutscher Seite geplanten Zahnradbahn, die bei einem etwa sechsfachen Kostenaufwand sechs Jahre Bauzeit beanspruchen wird und an deren Wirtschaftlichkeit man deshalb von vornherein mit Recht wird zweifeln können. [M 253] Dr. G.

Werkstoffe.

Über Magnetstahl[1]),

unter besonderer Berücksichtigung der Beziehungen zwischen Kohlenstoff und den magnetischen Eigenschaften.

An der Hand der Vorschläge von K. Daeves[2]) bezüglich der Großzahlforschung habe ich versucht, eine zum Teil recht deutliche Gesetzmäßigkeit zwischen dem Kohlenstoffgehalt der bekannten Magnetstahlsorten: Wolframstahl und Chromstahl, und den magnetischen Eigenschaften zu ergründen und darzulegen. Die Arbeit weicht insofern von den bekannten Aufsätzen über das Gebiet Magnetstahl ab, als die darin enthaltenen Werte der Praxis entstammen und keine Laboratoriumszahlen sind.

Die Probestäbe sind Stahlblöcken im regelmäßigen Betrieb entnommen, die der Magnetherstellung zugeführt wurden.

Wolframstahl.

Die chemische Analyse des Wolframstahles zeigte im Durchschnitt folgende Werte: Kohlenstoff verschieden, Wolfram 5,40 vH, Mangan 0,32 vH, Silizium 0,18 vH, Phosphor 0,03 vH, Schwefel 0,02 vH. Die Stäbe werden aus vorgeschmiedeten Blöcken herausgeschnitten und für das Köpsel-Gerät fertig gedreht. Sie wurden sämtlich in einem mit Gas geheizten Quarzrohr auf 830 °C erhitzt und in Wasser von 15 bis 20 °C abgeschreckt.

Zur Verfügung standen die Meßzahlen von mehr als 800 Probestäben. Auf Grund so vieler Meßzahlen mußte ein bedeutsamer Einfluß des Kohlenstoffes auf die magnetischen Eigenschaften nachgewiesen werden können. Die Kohlenstoffgehalte bewegten sich zwischen 0,549 und 0,703 vH. Die Zahlen wurden nun in der Weise ausgewertet, daß aus ihnen für je 0,02 vH Kohlenstoff das arithmetische Mittel gezogen wurde. Die so erhaltenen Werte wurden mit den zugehörigen Kohlenstoffgehalten in das endgültige Diagramm eingezeichnet. Die Abszisse entspricht in jedem Falle dem Kohlenstoffgehalt, die Ordinate bildet den Maßstab für die Meßzahlen der gerade in Frage stehenden magnetischen Eigenschaft.

Gewisse Unregelmäßigkeiten der Kurven, Abb. 10 bis 13 und 14 bis 17, rühren von nicht nachprüfbaren Umständen her, (es ist hierbei an im Stahl gelöste Gase, Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, zu denken und vielleicht auch an die Tammannsche „Zwischensubstanz", deren Vorhandensein unbestreitbar ist, die aber von der chemischen Analyse noch nicht erfaßt werden kann) ferner machen sich, da es sich ja um Betriebszahlen handelt, gewisse Betriebsunregelmäßigkeiten geltend.

Abb. 10 zeigt, wie der Kohlenstoffgehalt auf den Höchstwert der Induktion (diese gilt überall für eine Feldstärke H = 300) einwirkt: Mit wachsendem Kohlenstoffgehalt fällt B_{max} gleichmäßig ab. Im besonderen läßt sich sagen, daß einem Kohlenstoffgehalt von 0,55 vH eine höchste Induktion von rd. 17 000, einem Gehalt von 0,67 vH eine solche von rd. 16 000 entspricht. Ebenso ist es bei der Remanenz. Alle oben erwähnten störenden Faktoren können der Remanenzkurve keinen anderen Verlauf aufzwingen als ihn der Kohlenstoffgehalt vorschreibt, Abb. 11. Als Mengenangaben unter Voraussetzung der üblichen Betriebsverhältnisse lassen sich folgende Zahlen nennen:

Kohlenstoffgehalt vH	Remanenz rd.
0,55	12 100
0,60	11 800
0,65	11 450

Remanenz und Koerzitivkraft beeinflussen einander: hohe Remanenz schließt hohe Koerzitivkraft aus.

[1]) Auszug aus der Doktorarbeit des Verfassers, genehmigt von der Hochschule Aachen, 1921.

[2]) Werkstoffausschußbericht Nr. 18. Verlag Stahleisen, Düsseldorf.

Abb. 14 bis 17: Höchstwerte der Induktion, Remanenz, Koerzitivkraft und Güteziffer bei Chrommagnetstahl in Abhängigkeit vom C-Gehalt.

Betrachtet man nun die Koerzitivkraft als abhängige Veränderliche vom Kohlenstoffgehalt, so kann man mit Bestimmtheit voraussagen, daß die Koerzitivkraft mit steigendem Kohlenstoffgehalt sich ebenfalls vergrößern wird. Abb. 12 zeigt, wie genau sich die Remanenzkurve an den jeweiligen Kohlenstoffgehalt anlehnt. Hier ist die Gesetzmäßigkeit so groß, daß man sie in die Formel kleiden kann: C (vH) : H_c = 1 : 100, vorausgesetzt, daß sich der Wolframgehalt zwischen 5,0 und 5,5 vH bewegt und die übrigen Stahlzusätze in der üblichen Menge vorhanden sind.

Auch die Leistungsfähigkeit wird vom Kohlenstoffgehalt beherrscht, Abb. 13, obwohl die in dem Produkt $B_r H_c$ enthaltene Wertzahl der Remanenz vermuten ließe, daß die Leistungsfähigkeit nahezu gleich groß bleiben müßte.

Chromstahl.

Leider lagen hier für die Parallelbetrachtungen mit dem Wolframstahl nicht so viele Zahlen vor. Immerhin konnten rd. 170 Zahlen ausgewertet werden.

Da man aber die Chromstähle mit rd. 2 vH Chrom bei verschiedenem Kohlenstoffgehalt auch bei verschiedenen Temperaturen härten muß, so konnte man hier nicht so vorgehen wie beim Wolframstahl. Es wurden daher alle Proben mit gleichem Kohlenstoffgehalt bei derselben Temperatur gehärtet und die Werte dieser Stäbe in Gruppen zusammengefaßt.

Abb. 14 bis 17 bringen die Auswertung der Zahlen in graphischer Darstellung.

Der Kohlenstoff macht auch hier seine unbedingte Vorherrschaft vor den andern Stahlbestandteilen geltend: B_{max} und B_r nehmen ab, während H_c und $B_r H_c$ mit steigendem Kohlenstoffgehalt zunehmen. Genau so wie beim Wolframstahl macht auch beim Chromstahl der Kohlenstofgehalt den Werkstoff magnetisch weicher. Aus den Abb. 14 und 15 läßt sich erkennen, daß B_{max} und B_r ihre höchsten Werte bei 0,85 vH Kohlenstoff erreichen. Dagegen kann man aus dem Verlauf der Kurve von 0,90 vH Kohlenstoff darauf schließen, daß die Abnahme bei Ausschluß aller störenden Umstände und Innehaltung der zweckmäßigen Härtetemperatur ganz regelmäßig erfolgt.

Hinsichtlich der absoluten Größe der magnetischen Zahlen macht sich in vorerwähnten Zusammenhängen ein deutlicher Unterschied zwischen Wolframstahl und Chromstahl bemerkbar:

	B_{max}	B_r	H_c	$B_r H_c$
Wolframstahl	16750 bis 16000	12100 bis 11400	55 bis 67	650 bis 725 · 10^3
Chromstahl .	14300 „ 13000	10800 „ 9600	50 „ 63	530 „ 615 · 10^3

Der Vergleich fällt also zugunsten des Wolframstahles aus, obwohl sich mit Chromstahl bei geeigneter Behandlung recht annehmbare Ergebnisse erzielen lassen, die den Massenverbraucher von Dauermagneten (z. B. für Zähler, Radioapparate usw.) beeinflussen, die Magnete aus dem billigeren Chromstahl zu verwenden.

Zusammenfassung.

1. Bei der Wahl des Werkstoffes für permanente Magnete verdient der Wolframstahl den Vorzug.
2. Der Kohlenstoffgehalt des Magnetstahles spielt eine weit größere Rolle als die anderen Zusätze der Legierung.
3. Die Beziehungen zwischen dem Kohlenstoffgehalt und den magnetischen Eigenschaften sind
   a) beim Wolframstahl vollkommen gesetzmäßige,
   b) beim Chromstahl ebenso, wenn auch nicht so ausgeprägt.
4. Die Daevesschen Vorschläge bezüglich der Auswertung möglichst vieler Beobachtungs- und Maßzahlen lassen sich bei der Durchforschung von Sonderwerkstoffen vorzüglich anwenden.

Köln a. Rh. [M 894] Dr.-Ing. G. Hannack.

Festigkeitseigenschaften von Stahlguß bei hohen Temperaturen.

Friedrich Körber und Anton Pomp[1]) haben Untersuchungen an drei Sorten Stahlguß ausgeführt, und zwar an einem in der Bessemerbirne (1,9 t) erblasenen Stahlguß, in Zahlentafel 1 mit B bezeichnet, an einem im basischen Siemens-Martinofen (23 t) erschmolzenen Stahlguß, Bezeichnung SM, und an einem im Elektroofen (5,5 t-Héroultofen) mit basischer Zustellung erschmolzenen Stahlguß, Bezeichnung E.

Die chemische Zusammensetzung des Versuchstoffes ist in Zahlentafel 1 in vH angegeben.

Zahlentafel 1. Chemische Zusammensetzung in vH.

	Kohlenstoff	Silizium	Mangan	Phosphor	Schwefel	Nickel
Stahlguß B	0,25	0,29	0,44	0,105	0,070	—
„ SM	0,25	0,13	0,71	0,021	0,030	—
„ E	0,34	0,39	0,84	0,031	0,009	0,24

Die Untersuchungen erstreckten sich auf gegossene, ferner auf geglühte und langsam abgekühlte und schließlich auf geglühte und rasch abgekühlte Proben.

Die Zerreißproben wurden in einem elektrisch geheizten Ofen in Öl bzw. flüssigen Salzgemischen erhitzt und auf einer 50 t-Amsler-Zerreißmaschine zerrissen. Von jeder Probe wurde das Spannungs-Dehnungsdiagramm aufgenommen. Bestimmt wurden die Fließgrenze, soweit sich eine solche im Diagramm deutlich ausprägt, die Zugfestigkeit, die Dehnung und die Einschnürung.

Die Kerbschlagproben wurden in einem elektrisch geheizten Muffelofen auf die gewünschte Temperatur gebracht, ½ h auf Höchsttemperatur gehalten, dann rasch auf die Schabotte eines 75 mkg-Charpy-Pendelschlagwerkes, Bauart Losenhausen, gelegt und zerschlagen.

Bei den nicht geglühten Proben ließ das Zugdiagramm keine ausgeprägte Fließgrenze erkennen, bei den geglühten im allgemeinen nur bis zu Versuchstemperaturen von 200 °C. Eine Ausnahme bildet Stahlguß B, bei dem die langsam abgekühlten Proben schon von 100 °C ab keine Fließgrenze mehr aufweisen, während die schnell abgekühlten Proben noch bei 300 °C einen deutlich ausgeprägten Knick im Zugdiagramm erkennen lassen. Die Fließgrenze liegt bei den rasch abgekühlten Proben höher als bei den langsam abgekühlten. In einigen Fällen waren eine obere und eine untere Fließgrenze deutlich zu unterscheiden. Erstere liegt nicht mehr als 1 bis 2 kg/mm² höher als die Werte der unteren Fließgrenze.

Mit steigender Versuchstemperatur erfährt die Fließgrenze eine allerdings geringe Abnahme. Sie sinkt bei Stahlguß B bei den schnell abgekühlten Proben von 30,5 kg/mm² bei 20 °C auf 27,6 kg/mm² bei 300 °C, bei Stahlguß SM von 30,5 kg/mm² bei 20 °C auf 29,2 kg/mm² bei 200 °C und bei Stahlguß E von 37,8 kg/mm² bei 20 °C auf 35,0 kg/mm² bei 200 °C. Etwas stärker ist der Abfall der Fließgrenze bei den langsam abgekühlten Proben. Sieht man von dem Stahlguß B, der nur bei Zimmertemperatur eine ausgeprägte Fließgrenze aufweist, ab, so erkennt man bei Stahlguß SM einen Abfall der Fließgrenze von 25,7 kg/mm² bei 20 °C auf 21,1 kg/mm² bei 200 ° und bei Stahlguß E ein Zurückgehen der Fließgrenze von 28,4 kg/mm² bei 20 °C auf 22,8 kg/mm² bei 200 °C. Bei den höheren Temperaturen prägt sich die Fließgrenze nicht mehr deutlich im Zugdiagramm aus, so daß eine sichere Aussage über die Temperaturabhängigkeit nicht gemacht werden kann.

In Übereinstimmung mit Untersuchungen von C. Bach und von M. Rudeloff treten Höchstwerte für die Zugfestigkeit bei Versuchstemperaturen von 200 bis 300 °C auf. Der Verlauf der Zugfestigkeit-Temperatur-Schaulinie ist am regelmäßigsten bei den geglühten und rasch abgekühlten Proben. Hier tritt nach einem Tiefstwert bei 100 °C ein ausgeprägter Höchstwert bei 200 bzw. 300 °C auf, der für Stahlguß B eine Steigerung von 19 vH, für Stahlguß SM eine solche von 7,6 vH und für Stahlguß E eine solche von 11,3 vH gegenüber den bei 20 °C beobachteten Werten ausmacht. Mit weiterer Steigerung der Versuchstemperatur setzt dann ein rasches Sinken der Zugfestigkeitswerte ein, die jedoch selbst bei 400 °C noch nicht wesentlich unter den bei 20 °C ermittelten Werten liegen.

Weniger regelmäßig ist der Verlauf der Temperaturschaulinie der nach dem Glühen langsam abgekühlten Proben. Bei Stahlguß B tritt mit steigender Versuchstemperatur, abgesehen von dem Tiefstwert bei 100 °C, keine nennenswerte Änderung der Zugfestigkeit auf. Stahlguß SM weist nach einem stark ausgeprägten Tiefstwert bei 100 °C einen Höchstwert bei 300 °C auf, der jedoch um 7 vH tiefer liegt als der bei 20 °C beobachtete Wert. Bei Stahlguß E liegt der Tiefstwert erst bei 200 °C, während bei 300 °C ein nur sehr schwach ausgeprägter Höchstwert auftritt.

[1]) Mitt. aus dem K.-W.-I. für Eisenforschung in Düsseldorf, Bd. VI Lieferung 4 S. 21

Auch in diesem Falle liegen sämtliche bei höheren Temperaturen erhaltenen Zugfestigkeiten niedriger als der bei 20 °C beobachtete Wert. Die den nicht geglühten Proben entsprechenden Schaulinien weisen bei Stahlguß B einen ausgeprägten Höchstwert bei 300 °C und bei Stahlguß SM einen solchen bei 200 °C auf, während bei Stahlguß E ein nur schwach ausgeprägter Höchstwert bei 300 °C zu beobachten ist.

Die Dehnung verhält sich im allgemeinen umgekehrt wie die Zerreißfestigkeit. Alle drei den verschiedenen Behandlungen entsprechenden Schaulinien zeigen mehr oder weniger scharf ausgeprägte Tiefstwerte im Temperaturgebiet von 200 bis 300 °C. In einigen Fällen lassen sich auch noch Höchstwerte bei 100 °C erkennen. Die Einschnürung ändert sich im allgemeinen in ähnlicher Weise wie die Dehnung.

Im gegossenen Zustand haben sämtliche drei Stahlgußsorten außerordentlich niedrige Werte der Kerbzähigkeit (1 bis 2 mkg/cm²). Die Glühung mit nachfolgender sehr langsamer Abkühlung hat für Stahlguß B und SM keine Steigerung der Kerbzähigkeit bei Raumtemperatur bewirkt, während sie bei Stahlguß E eine Verdreifachung der Schlagfestigkeit herbeigeführt hat. Die durch Glühung mit schneller Luftabkühlung erzielte Verbesserung der Kerbzähigkeit ist verhältnismäßig gering bei Stahlguß B (auf 2,9 mkg/cm²) und besonders ausgeprägt bei Stahlguß SM (auf 8,5 mkg/cm²).

Mit steigender Versuchstemperatur tritt bei allen untersuchten Proben, gleich welcher Herkunft und Vorbehandlung, eine starke Erhöhung der Kerbzähigkeit ein, die bei Temperaturen zwischen 100 und 300 °C einen Höchstwert erreicht und bei weiterer Temperatursteigerung rasch wieder fällt.

Zahlentafel 2. Höchstwerte der Kerbzähigkeit.

	Prüftemperatur °C	Kerbzähigkeit mkg/cm²	Steigerung gegenüber 20 °C vH
Bei Stahlguß B:			
gegossen	250	7,1	407
geglüht und langsam abgekühlt	300	10,2	827
geglüht und schnell abgekühlt	200	10,2	252
Bei Stahlguß SM:			
gegossen	200	11,9	466
geglüht und langsam abgekühlt	200	11,9	490
geglüht und schnell abgekühlt	100	15,9	87
Bei Stahlguß E:			
gegossen	250	7,1	545
geglüht und langsam abgekühlt	250	11,1	236
geglüht und schnell abgekühlt	100	13,4	179

Mit steigender Verbesserung des Stahlgusses durch die vorgenommene Glühbehandlung scheint eine Verschiebung des Höchstwertes nach tieferliegenden Temperaturen stattzufinden.

Die Erkenntnis läßt sich praktisch dazu verwerten, um sich über die Wirksamkeit der Warmbehandlung bei Stahlguß ein Urteil zu bilden und sich zu vergewissern, daß die größtmögliche Verbesserung auch tatsächlich erreicht worden ist. Hierzu ist es nur notwendig, eine Reihe von Warm-Kerbschlagversuchen etwa bei 100, 200 und 300 °C vorzunehmen und den beobachteten Höchstwert mit der bei 20 ° erzielten Kerbzähigkeit zu vergleichen. Je höher der Höchstwert der so erhaltenen Kerbzähigkeits-Temperaturschaulinie gegenüber dem Ausgangswert bei 20 °C liegt, um so geringer ist die erzielte Verbesserung. Je flacher anderseits die Schaulinie verläuft, um so wirksamer ist die vorgenommene Warmbehandlung gewesen. Für den Werkstoffprüfer, der sich über den Zustand eines Werkstoffes rasch ein Bild machen will, kann dieses Verfahren von Wert sein. Inwieweit diese Verhältnisse auch bei andern Werkstoffen, beispielsweise bei Flußeisen und Stahl im gewalzten bzw. geschmiedeten Zustande, zutreffen, soll weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Bemerkenswert ist die Ausbildung des Bruchgefüges der Kerbschlagproben mit steigender Temperatur. Die bei 20 °C zerschlagenen, nicht geglühten Proben weisen einen grobkörnigen Bruch auf. Der Bruch erfolgte ohne jede Formänderung des Bruchquerschnittes, und dementsprechend ist die Kerbzähigkeit gering. Mit steigender Temperatur geht das grobkörnige Bruchaussehen in ein sehniges über, und zwar zunächst am Rand und von dort zur Mitte der Bruchfläche fortschreitend; gleichzeitig läßt die Kerbschlagprobe eine stärker werdende Formänderung des Bruchquerschnittes erkennen. Es sei betont, daß die Ursache der Veränderung der Kerbzähigkeit nicht etwa in einer Beeinflussung des Gefüges oder des sonstigen inneren Aufbaues des Stahlgusses zu suchen ist. Wurden die Proben nach Erwärmung auf die Versuchstemperatur mit nachfolgendem Abschrecken in Wasser auf ihre mechanischen Eigenschaften und ihren Gefügeaufbau bei Raumtemperatur untersucht, so konnten keine Änderungen festgestellt werden.

Die durch die vorliegenden Untersuchungen festgestellte Temperaturabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften des Stahlgusses, insbesondere der starke Anstieg der Kerbzähigkeit bis zu Temperaturen von 200 bis 300 °C gibt neue Unterlagen für die Beurteilung seiner Verwendbarkeit zu solchen Werkstücken, die im Betriebe erhöhten Temperaturen ausgesetzt werden. Man darf nach diesen Versuchen damit rechnen, daß Stahlgußteile Beanspruchungen, denen sie bei Raumtemperatur gewachsen sind, auch bei Temperaturen bis etwa 300 °C ohne Bedenken ausgesetzt werden dürfen, man kann sogar darüber hinaus der Hoffnung Ausdruck geben, daß sie bei diesen Wärmegraden eine noch größere Widerstandsfähigkeit besonders gegen Schlag und Stoß haben als bei Raumtemperatur. [N 121] Dr.-Ing. A. Pomp.

Elektrotechnik.

Holzgittermaste für Hochspannungsleitungen.

Für Hochspannungsfreileitungen kamen bis vor kurzer Zeit nur Eisenmaste in Fachwerkkonstruktion oder solche aus Eisenbeton in Frage, da sie neben ihrer Dauerhaftigkeit den weiteren Vorteil haben, den hohen Belastungen und statischen Anforderungen zu genügen. Ihr Nachteil ist, daß sie sehr teuer in der Herstellung und sehr schwer sind. Ihr Gewicht ist besonders beim Bau von Gebirgsleitungen sehr hinderlich.

Nachdem man jetzt durch besondre Tränkverfahren und geeignete Mastfüße die Lebensdauer der Holzmaste beträchtlich zu erhöhen in der Lage ist und in bezug auf Festigkeit und Wirtschaftlichkeit allen Anforderungen durch geeignete Fachwerkkonstruktion gerecht werden kann, werden Holzmaste neuerdings für den Bau wichtiger Überlandleitungen verwendet. Ihr Vorteil gegenüber den eisernen Masten liegt in ihrer leichteren Beförderungsfähigkeit und ihrem einfacheren Aufbau.

Als erste Überlandleitung wurde die von der Badischen Landeselektrizitätsversorgungs-A.-G. (Badenwerk) gebaute 110 kV-Leitung Rheinau-Mannheim mit bis zu 27 m hohen Holzgittermasten, Abb. 18, ausgerüstet. Die Maste tragen 6 Aluminiumseile von je 185 mm² und ein stählernes Blitzseil von 50 mm² Querschnitt. Die Spannweiten gehen bis zu 250 m. Die Trag-, Abspann- und Bahnkreuzungsmaste sind mit Kugelkopfisolatoren ausgerüstet.

Abb. 18. Holzgittermast von 27 m Höhe der mit Kugelkopf-Isolatoren ausgerüsteten 110 kV-Leitung Rheinau-Mannheim.

Ebenfalls hölzerne Maste sind für einen Teil der neuen 110 kV-Leitung des Badenwerks Schluchsee-Forbach angewandt worden. Diese Leitung geht über den Schwarzwald, wo eine Aufstellung von eisernen Masten nahezu unmöglich gewesen wäre. Besonders wertvoll war die neue Bauart hier durch die große Elastizität der Holzmaste, weil in dem Aufstellgebiet starke Rauhreifbildungen sehr häufig sind. Die einzelnen Teile konnte man verhältnismäßig leicht an Ort und Stelle bringen und dort zusammensetzen. (Mitteilungen der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H. 1925 Heft 15.) [M 196] Js.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Das Deutsche Museum. Geschichte, Aufgaben, Ziele[1]). Im Auftr. des V. d. I. bearb. von Conrad Matschoß. Berlin und München. VDI-Verlag G. m. b. H. und Oldenbourg. 364 S. mit rd. 400 Abb. Preis 20 *M*.

Der Technik ist oft und mit Recht der Vorwurf gemacht worden, daß sie wenig von ihrer geschichtlichen Entwicklung weiß. Die gründliche rückwärtsschauende Forschungsarbeit, die auf zahlreichen Gebieten menschlichen Wissens schließlich oft bis in gleichgültige Einzelheiten seiner Entwicklung gedrungen ist und die geschichtliche Überlieferung treu und emsig pflegt, ist auf dem Gebiete der wissenschaftlichen Technik kaum in ihren Anfangsgründen vorhanden, und schon heute klaffen erhebliche Lücken in unsrer Kenntnis der Geschichte selbst wichtiger menschlicher Fortschritte.

Wir können diesen Vorwurf nicht entkräften, sondern nur entschuldigen. Technik und Naturwissenschaften sind im letzten Jahrhundert so rastlos vorwärtsgeschritten, auch für den kleineren Geist gibt es auf diesem Gebiet noch so viel lohnende Arbeitsmöglichkeit, daß dabei das Rückwärtsschauen oft vergessen worden ist. Was heute noch geschehen kann, um diese Lücken auszufüllen, die eine rastlose vorstürmende Entwicklung geschaffen hat, ist zwar seinem Umfang nach naturgemäß beschränkt. Was einmal aus dem Stammbuch der Menschheit verloren gegangen ist, kann nicht wieder ergänzt werden.

Das vorliegende Werk ist aber eines der Zeichen dafür, daß die hervorragendsten Vertreter der technischen Wissenschaften sich auf sich selbst zu besinnen begonnen haben, und sein Inhalt ein Lobgesang auf die Tätigkeit eines Bahnbrechers auf diesem Gebiete, den spätere Zeiten noch höher werten werden als die Begeisterung, die ihn heute umfängt, Oskar v. Millers.

Ihm, dem Schöpfer des Deutschen Museums zu München, wollte der Verein deutscher Ingenieure an seinem Ehrentag ein würdiges Denkmal setzen, und dies konnte in keiner schöneren Form geschehen als dadurch, daß sein eigenstes Werk, der gewaltige Bau des Deutschen Museums in München, seiner wesentlichen Gestalt und seinem Inhalt nach von berufenen Federn von dem Augenblick der ersten Erfassung des Gedankens durch seinen unermüdlichen Schöpfer bis zu dem Ehrentag seiner Einweihung an dessen siebzigstem Geburtstag zusammenfassend dargestellt wurde. Es sind die ersten Namen unter Führung von Matschoß, deren Träger diese bewunderungswürdige Arbeit geleistet haben, und diese Arbeit wurde in eine äußere Form gegossen, die ein ehrenvolles Zeugnis von dem Geist und der Kraft deutscher wissenschaftlicher Technik ablegt.

Es ist unmöglich, den Inhalt dieses Schriftwerks in kurzen Worten zu umreißen. Es dringt nämlich nicht nur in die Äußerlichkeiten der Ausgestaltung der großen Millerschen Schöpfung ein, sondern es ist im ganzen und in allen Einzelheiten ein Spiegelbild seines Geistes, seines Strebens und seiner Schöpferfreude, ein einziges hohes Lied von der Pflicht, der Großtaten der Technik in würdiger Weise zu gedenken, und ein Sinnbild der Begeisterung der deutschen Technik von dem, was Oskar v. Miller für sie und mit ihr geschaffen hat.

Der Verein deutscher Ingenieure, der mit an der Wiege Millerscher Gedanken gestanden hat, durfte sich mit Recht die Ehre nehmen, diese Festschrift zu verfassen. Die Förderungen, die er dem Millerschen Werke angedeihen ließ, sind zugleich ein Ruhmesblatt seiner eigenen Tätigkeit, die, sammelnd und sichtend, anregend und fördernd, heute einen der Eckpfeiler der deutschen Technik bildet.

Den Rahmen dieser schönen Denkschrift zu loben, wird aber kein Leser unterlassen. Der reiche Bilderschmuck in seiner zweckmäßigen Auswahl ist vorbildlich, und mit besonderer Freude ist zu begrüßen, daß auch das künstlerische Empfinden bei dem Durchlesen der Denkschrift seine Rechnung findet. Die unvermeidlich etwas glatte, das Einzelne oft zu sehr betonende Technik der photographischen Wiedergabe, die manches andre Werk hier und da in der Wirkung verflacht, wird hier in glücklichster Weise ergänzt und belebt, vertieft und persönlich gemacht dadurch, daß zahlreiche andre Bilder eingeschaltet sind. Unter vielem Vorzüglichen möchte ich hier die groß gesehenen, trotz ihrer Skizzenhaftigkeit lehrhaften und belebten Zeichnungen von Julius C. Turner hervorheben. Sie stellen sich dem Besten an die Seite, was auf dem Gebiete der Technik von der bildenden Kunst geschaffen worden ist, und sie sind es eigentlich, die von dem wirklichen Eindruck der einzelnen Museums- und Sammlungsräume auch demjenigen einen lebendigen Eindruck verschaffen, der sich noch darauf freuen kann, vor den Ausstellungsgegenständen selbst zu stehen.

Dem verdienstvollen Herausgeber, Conrad Matschoß, und seiner schönen, würdevollen Einleitung in die genußreiche Lektüre dieses Ehrenbuches deutscher Technik geziemt aber in erster Linie unser Dank. [E 570] Miethe.

[1]) Berichtigung. Auf S. 197 der Denkschrift sind nach der Herausgabe Unrichtigkeiten festgestellt worden. Die Nachbildung der Leibnizschen Rechenmaschine ist nicht von der Glashütter Uhrenfabrik, sondern von der Firma Grimme, Natalis & Co. A.-G., Braunschweig, ausgeführt und gestiftet. In Zeile 19 muß es außerdem heißen: „Ferner ist eine Anzahl von Brunsviga-Rechenmaschinen, System Trinks aufgestellt."

Das wirtschaftliche Amerika. Von Dr.-Ing. eh. C. Köttgen. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 183 S. m. 40 Abb. Preis geb. 5 *M*.

Die Wirtschaftsnöte der Gegenwart haben zahlreiche Wirtschaftsführer veranlaßt, Studienreisen nach Amerika zu unternehmen, um die Überlegenheit der amerikanischen Wirtschaft zu prüfen und entsprechende Maßnahmen in der deutschen Wirtschaft zur Hebung der Produktivität zu treffen. Aus den vielen Untersuchungen und Vorschlägen heben sich die des Verfassers besonders hervor. Seine Stellung als Leiter einer der größten Industrieunternehmungen und stellvertretender Vorsitzender des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit sowie seine Tätigkeit in den maßgebenden Verbänden in fast allen Fragen des Wirtschaftslebens befähigen ihn besonders dazu, einen Vergleich der amerikanischen mit den deutschen Wirtschaftsverhältnissen anzustellen.

Die Erfahrungen einer Studienreise nach Amerika im Herbst des vergangenen Jahres bilden den Inhalt der vorliegenden Schrift. Ihr Vorzug liegt in der knappen, leicht verständlichen, von Sachkennnerblick getragenen Erfassung aller die Wirtschaft bewegenden Probleme. An der Hand zahlreicher Statistiken sowie bildlicher Darstellungen wird die Bevölkerung nach Berufen, nach Anteil an der Nahrungserzeugung, nach Lebenshaltung und nach Arbeit verglichen. Auch die Pflege der menschlichen Arbeit durch Regelung der Einwanderung, Alkoholverbot, Schulwesen, Vorsorge gegen Krankheit, Unfall und Alter usw. wird behandelt. Der leitende Gedanke der gesamten Untersuchungen ist die Prüfung der Möglichkeiten einer Erhöhung der deutschen Produktion, wobei sich der Verfasser bewußt der allgemein beobachteten Art fernhält, alle amerikanischen Erfahrungen und Leistungen als Muster für die deutsche Wirtschaft hinzustellen.

Es ist dringend zu wünschen, daß die vorliegende Arbeit in allen Wirtschaftskreisen der Unternehmer wie der Arbeiter und Angestellten sowie sonstiger Beteiligten, gelesen und studiert wird. Sie alle sind dazu berufen, an der Verwirklichung der Köttgenschen Erfahrungen und Vorschläge mitzuwirken.

[E 529] Dr. Herle.

Versuche über die Widerstandsfähigkeit und die Formänderung gewölbter Kesselböden. Von C. Bach mit dem Versuchsbericht der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule Stuttgart. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 46 S. mit 95 Abb. und 9 Zahlentafeln. Preis 15 *M*.

Die Versuche sind mit 16 Böden vorgenommen worden, bei denen die Krümmungshalbmesser der Wölbung verschieden ausgeführt und die Blechdicken in drei Stufen gewählt wurden. Am besten bewährt haben sich Böden mit elliptischer Wölbung. Ihre Widerstandsfähigkeit war rd. drei- bis viermal so groß wie die von gewöhnlichen. Böden nach Bauart Klöpper waren zwar auch widerstandsfähiger als gewöhnliche, erreichten jedoch die elliptischen Böden nicht. Die Versuche selbst sind von O. Graf im Laboratorium von Professor R. Baumann durchgeführt worden. Die Böden wurden zum Teil mit über 80 at belastet. [E 425]

Die volkswirtschaftliche Bedeutung der sächsisch-thüringischen Braunkohlenteer- und Montanwachsindustrie. Von Dipl.-Ing. Grosse. Halle a. S. 1925, Wilhelm Knapp. 45 S. Preis 2,70 *M*.

Unter den deutschen Braunkohlenvorkommen nehmen die Lagerstätten in Sachsen-Thüringen insofern eine besondere Stellung ein, als sie eine sehr wertvolle und bitumenreiche Schwelkohle enthalten, deren Verarbeitung auf Teer, Mineralöle, Paraffin und neuerdings auch auf Montanwachs von nicht unerheblicher wirtschaftlicher Bedeutung ist. Die überaus sorgfältige volkswirtschaftlich-technische Darstellung von Grosse behandelt die Geschichte und Organisation der sächsisch-thüringischen Braunkohlenteer- und Montanwachsindustrie seit ihrer Entstehung, wobei besonders auf die neuen Bearbeitungsverfahren der Braunkohle in der Krieg- und Nachkriegszeit hingewiesen wird. Auch über die verschiedenen Syndikate und Interessengemeinschaften innerhalb der sächsisch-thüringischen Braunkohlenindustrie werden eingehende Angaben gemacht, ebenso wie über die Erzeugungs- und Absatzverhältnisse in dieser Industrie, die mit verschiedenen Erzeugnissen der Erdölindustrie in Wettbewerb treten muß. Wenn es gelingen würde, auch den weniger bitumenhaltigen deutschen Braunkohlen andrer Bezirke nach neueren Verfahren ihre wertvollen Stoffe zu entziehen, so wäre dadurch die Möglichkeit gegeben, die Einfuhr an Erdölerzeugnissen bedeutend zu ver-

mindern. Die Monographie von Grosse stellt jedenfalls eine wertvolle Bereicherung der wirtschaftlich-technischen, nicht allzu umfangreichen, deutschen Literatur dar, die auch über den Kreis der Braunkohlenindustrie hinaus Beachtung verdient.

[E 488] Prof. Dr. H. Großmann.

Mitteilungen des Chemisch-technischen Instituts der Techn. Hochschule Karlsruhe i. B. 1924. H. 2: **Über Zündpunkte und Verbrennungsvorgänge im Dieselmotor.** Von J. Tausz u. F. Schulte. Halle/Sa. 1925, Wilhelm Knapp. 60 S. m. 12 Abb. Preis 3,20 ℳ.

Erweiterter Abdruck der Arbeit von Tausz und Schulte in Z. Bd. 68 (1924) S. 574 u. f.

Der Werkzeugmacher. H. 5: **Fräswerkzeuge.** Von Hans Rohde. Berlin 1924, Carl Pataky. 48 S. m. 92 Abb. Preis 0,75 ℳ.

Der Werkzeugmacher. H. 7: **Stanz- und Ziehwerkzeuge.** Von Hans Rohde. Berlin 1924, Carl Pataky. 80 S. m. 84 Abb. Preis 1 ℳ.

Kohle-Koks-Teer. Herausg. v. J. Gwosdz. Bd. 5: **Die Praxis des wirtschaftlichen Verschwelens u. Vergasens.** Von Th. Limberg. Halle/S. 1925, Wilhelm Knapp. 105 S. m. 32 Abb. Preis 6,50 ℳ.

Handbuch der Mineralchemie. Herausg. v. C. Doelter u. H. Leitmeier. Bd. IV, 1. Dresden und Leipzig 1925, Theodor Steinkopff. S. 1 bis 160. Preis 7,50 ℳ.

II. Internationaler Straßenbahn- und Kleinbahn-Kongreß. Bad Homburg v. d. Höhe, 3. bis 7. September 1924. 2. Hauptversammlung d. Vereins. Ausführlicher Bericht. Wien IV, 1, Sekretariat d. Internat. Straßenbahn- und Kleinbahnvereines.

Der ausführliche Bericht, herausgegeben vom Internationalen Straßenbahn- und Kleinbahnverein, Wien VI/1, enthält die 14 auf dem Kongreß gehaltenen Vorträge mit den anschließenden Aussprachen (ca. 250 Seiten Großformat umfassend) weiter das Protokoll der Hauptversammlung und schließlich die Mitgliederliste des Vereines.

Pädagogik an Technischen Hochschulen. Von Robert Weyrauch. Stuttgart 1925, Konrad Wittwer. 70 S. Preis 3,50 ℳ.

Festschrift zur Eröffnung des Mainhafen der Stadt Hanau. Herausg. durch Dr. Blaum. 25. Oktober 1924. Hanau a. M., Fr. Königs Hofbuchhandlung. 100 S. m. versch. Abb. Preis 3 ℳ.

Die Praxis des Arbeiterrechts. Von Fritz Piek u. M. Weigert. Berlin 1925, Reimar Hobbing. 280 S. Preis 12 ℳ.

Wissenschaftliche Betriebsführung, ihre Einführung und Durchführung in einem Betriebe der Velberter Kleineisen-Industrie. Von Walter Müller. Krefeld 1925, Wilhelm Greven. 98 S. m. 12 Abb. Preis 2 ℳ.

Grundlagen des Ingenieurholzbaues. Von Hugo Seitz. Berlin 1925, Julius Springer. 120 S. m. 48 Abb. Preis geh. 5,70 ℳ, geb. 6,90 ℳ.

Die Berechnung statisch unbestimmter Tragwerke nach der Methode des Viermomentensatzes. Von Friedrich Bleich. 2. verb. u. verm. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 220 S. m. 117 Abb. Preis 15 ℳ.

Deutsche Bauten, Bd. 1: **Der Dom zu Magdeburg.** Von Hermann Giesau. Burg b. Magdeburg 1925, August Hopfer. 96 S. m. 92 Abb. Preis 2 ℳ.

Hilfsbuch für die Schiffsführung. Von Johannes Müller und Joseph Krauss. 2. erw. u. verb. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 576 S. m. 229 Abb. Preis 33 ℳ.

Taschenbuch für alle Werkstättenangehörigen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft auf das Jahr 1925. Berlin 1925, H. Apitz. 232 S. m. versch. Abb.

Taschenbuch der Luftflotten. 4. Jg. 1924/25. Herausg. v. Werner von Langsdorff. München 1925, J. F. Lehmann. 536 S. m. 793 Abb. Preis 12 ℳ.

Die Eifeler Eisenindustrie im 19. Jahrhundert. Von Nicolaus Bömmels. Herausg. v. Eifelverein. (Aus Natur u. Kultur d. Eifel H. 7.) 108 S. Preis 3,50 ℳ.

Die Differentialgleichungen des Ingenieurs. Von Wilhelm Hort. 2. umgearb. u. verm. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 700 S. m. 308 Abb. Preis 25,50 ℳ.

Industriebelastung u. Steuerermäßigung (Zeitschrift Steuer- u. Finanzfragen Jg. 5 H. 6). Berlin 1925, Carl Heymanns. 20 S. Preis 0,80 ℳ.

Zeitgemäße Steuer- u. Finanzfragen. Herausg. v. Dr. Max Lion. 6. Jahrg. 1925 H. 1/2. Berlin 1925, Carl Heymann. 40 S. Preis 1,60 ℳ.

Das Industriebelastungsgesetz nebst dem Aufbringungsgesetz vom 30. August 1924. Von Just. Schoenthal. Berlin 1925, Carl Heymann. 118 S. Preis 4 ℳ.

Was die Arbeiter über das Washingtoner Abkommen und über den Achtstundentag nicht erfahren! Von Robert Albert. Verlag d. Dtsch. Wirtschaftspolitischen Gesellschaft. Berlin W 35. 31 S. Preis 0,50 ℳ.

Jahrbuch der Technik. Technik und Industrie. 11. Jg. 1924/25. Stuttgart, Dieck & Co. 384 S. m. zahlr. Abb. Preis 6 ℳ.

Gesetze über die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft und über die Personalverhältnisse bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. Vom 30. August 1924. Berlin 1925, Julius Springer. 67 S. Preis 2,10 ℳ. (Sonderabdruck aus: Archiv f. Eisenbahnwesen 1925 I.)

Die Edelstähle. Ihre metallurgischen Grundlagen. Von F. Rapatz. Berlin 1925, Julius Springer. 219 S. m. 93 Abb. Preis 12 ℳ.

Die Lokomotivantriebe bei Einphasenwechselstrom. Von Engelbert Wist. Berlin 1925, Julius Springer. 100 S. m. 48 Abb. Preis 5,40 ℳ.

Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie. Von J. Zenneck und H. Rukop. 5. Aufl. Stuttgart 1925, Ferdinand Enke. 902 S. m. 775 Abb. Preis 34,50 ℳ.

Der elektrische Unfall. Von Stefan Jellinek. Leipzig und Wien 1925, Franz Deuticke. 143 S. m. 25 Abb. Preis 4,80 ℳ.

Die Psychotechnik im Dienste der Deutschen Reichsbahn. Von Richard Couvé. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 132 S. m. 43 Abb. und 2 Taf. Preis 8 ℳ.

Industrie-Magazin. H. 1, April 1925. Berlin 1925, Scarabaeus-Verlag G. m. b. H. Preis jährl. 10 ℳ, für 1 H. 1 ℳ.

Bericht über den XI. Kongreß für Heizung und Lüftung. 17. bis 20. September 1924 in Berlin. Herausg. vom ständigen Kongreßausschuß. München und Berlin 1925, R. Oldenbourg. 420 S. m. 199 Abb. Preis 10 ℳ.

Lebenserinnerungen. Rückblick auf meine Lehr- und Aufstiegjahre. Von August Föppl. München u. Berlin 1925, R. Oldenbourg. 155 S. Preis 6 ℳ.

Jahresberichte des Literarischen Zentralblattes. Herausg. v. Wilh. Frels. 1. Jg. Bd. 24, 1924. **Technik.** Bearb. v. Alfred Freund. Das Schrifttum des Jahres 1924. Leipzig 1925, Börsenverein d. dtsch. Buchhändler. 65 S. Preis 2 ℳ.

Merkbuch der Berufs- und Bürgerkunde. Von Konrad Schenk. T. 1: Unterstufe. T. II: Mittelstufe. T. III: Oberstufe. Wittenberg/Halle 1925, R. Herrosé. T. I: 52 S. Preis 0,60 ℳ. T. II: 78 S. Preis 1 ℳ. T. III: 84 S. Preis 1,20 ℳ.

Unsere Fehler, unser Schicksal. Ein Wort zur Erziehung in Haus, Schule und Leben. Von Wilhelm Tafel. Breslau 1925, Wilh. Gottl. Korn. 36 S. Preis 0,90 ℳ.

Rhythmus des kosmischen Lebens. Von Hanns Fischer. Leipzig 1925, R. Voigtländer. 230 S. m. 70 Abb. Preis 6 ℳ.

Geologisches Wanderbuch f. d. niederrhein.-westfälischen Industriebezirk. Von Richard Bärtling. 2. neubearb. u. verm. Aufl. Stuttgart 1925, Ferdinand Enke. 459 S. m. 123 Abb. Preis 15 ℳ.

Neue Tabellen für exzentrisch gedrückte Eisenbetonquerschnitte. Von W. Kunze. Berlin 1925, Julius Springer. 16 S. Preis 1 ℳ.

Die Heizerschule. Ein Lehrbuch zur Ablegung der staatlichen Heizerprüfung. Von F. O. Morgner. 4. umgearb. u. vervollst. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 163 S. m. 165 Abb. Preis 3,90 ℳ.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 6. JUNI 1925 NR. 23

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 800.

Einfachwirkender Viertakt-Schiffsdieselmotor von 2000 PS_e,

gebaut von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Augsburg.

(Hierzu Tafel 5.)

Als Beispiel eines langsamlaufenden Schiffsdieselmotors schwerer Bauart für Seeschiffe wird eine Maschine von 2000 PS_e beschrieben, wovon die MAN, Werk Augsburg, und ihre Lizenznehmer eine größere Zahl ausgeführt und im Bau haben.

Aus der Vielzahl der Bauarten und Ausführungsformen mittlerer und größerer Dieselmotoren für Seeschiffe haben sich in den letzten Jahren allmählich gewisse feststehende Typen entwickelt. In den Leistungen zwischen etwa 1000 und 2000 PS_e für die häufigste Schiffsgröße von 2000 bis 7000 Br.-R.-T. kommt als langsamlaufende Maschine für unmittelbare Kupplung mit der Schraubenwelle als die verbreitetste der einfachwirkende Viertakt in Betracht; die Ausführung als Kreuzkopfmaschine hat sich für die hierbei vorkommenden Zylinderdurchmesser, über 500 bis 600 mm, fast durchweg eingebürgert. Da der einfachwirkende Viertaktmotor mindestens sechs Arbeitszylinder verlangt, wenn er umsteuerbar sein soll, so gibt dies einen deutlich umrissenen Rahmen für den Entwurf, innerhalb dessen allerdings noch viele verschiedene Einzelkonstruktionen Platz finden.

Der neue einfachwirkende Viertakt-Kreuzkopfmotor der MAN, Abb. 1 bis 6 (s. a. Taf. 5), ist das Ergebnis der Erfahrungen an Tauchkolbenmaschinen mit niedriger und hoher Drehzahl sowie an früheren Ausführungen langsamlaufender Kreuzkopfmotoren. Die nachstehend beschriebene Maschine, die als Beispiel ähnlicher Maschinen mit verschiedenen Leistungen dienen kann, hat folgende Hauptabmessungen:

Größte Länge	10 850 mm
„ Breite	3 500 „
„ Höhe über Kurbelwellenmitte	7 080 „
„ Höhe über Unterkante Grundplattenflansch	7 880 „
Durchmesser des Arbeitszylinders	700 „
Hub des Arbeitskolbens	1 400 „
Zylinderzahl	6
Nutzleistung	2 000 PS
Drehzahl hierbei	108 Uml./min
Mittlerer wirksamer Kolbendruck hierbei	5,17 at
Dmr. des Luftpumpenzylinders 1. Stufe	700 mm
„ „ „ 2. Stufe	620 „
„ „ „ 3. Stufe	150 „
Hub des Luftpumpenkolbens	500 „
Kurbelwellendurchmesser	455 „
Gewicht der Maschine mit Druckluftgefäßen, ohne Schwungrad, Auspuffgefäß und sonstiges Zubehör . . . etwa	270 t

Abb. 1. Einfachwirkender Viertakt-Schiffsdieselmotor von 2000 PS_e der MAN auf dem Prüfstand.

Die gußeiserne Grundplatte besteht aus zwei Teilen, die über die ganze Breite durch Paßschrauben miteinander verbunden sind. Sie enthält die acht gleichen und auswechselbaren Lager der Kurbelwelle und ist nach unten hin zum Auffangen und Ableiten des Schmieröls mit einem angeschraubten Blechtrog versehen. Zwei große Öffnungen darin leiten das gebrauchte Öl zu den Schmierölpumpen. Die mit Weißmetall ausgegossenen Lagerschalen sind rund und lassen sich unter der Kurbelwelle leicht herausdrehen. Die oberen Hälften der Schalen sind gegen Verdrehen gesichert und mit besonderen Bohrungen versehen, durch die man das Lagerspiel sowie überhaupt die Lagerung der Welle prüfen kann. Zum Festziehen der Lagerdeckel dienen lange, durchgehende Schraubenbolzen, deren große Dehnungslänge mehr Sicherheit gegen Materialrisse als kurze Stiftschrauben bieten.

Die Kurbelwelle besteht aus zwei Hauptteilen mit angeschmiedeten verschraubten Flanschen; beide Hälften werden je durch Aufschrumpfen der einzelnen Kurbelschenkel auf die Zapfen zusammengebaut. Die Abmessungen der Kur-

Abb. 7. Kolbenkühlung.

Abb. 8 bis 11. Brennstoffventil.

belwelle entsprechen den Vorschriften der Klassifikationsgesellschaften. Die Kurbeln sind, wie üblich, um 120° versetzt, wobei die Kurbelkröpfungen symmetrisch gegen die Mitte liegen. Der Massenausgleich ist demnach vollkommen, abgesehen von den geringen Beschleunigungskräften der Luftpumpe.

Auf der Grundplatte bauen sich acht Paare gußeiserner, kastenförmiger Ständer über der Mitte der Lager der Kurbelwelle auf; da die Kurbeln zwischen ihnen durchschlagen, brauchen sie nicht weit gespreizt zu sein, und die ganze Maschine erhält so mäßige Breite. Die besondre Bauart mit Zugankern ergibt ferner die Möglichkeit, die Ständer mit verhältnismäßig geringer Ausdehnung in der Längsrichtung der Maschine auszuführen, so daß viel freier Raum gewonnen und das Triebwerk gut zugänglich wird.

Von der Grundplatte, durch die Ständer und den darüberliegenden Zylinderblock bis zu dessen Oberkante reichen stählerne Zuganker, die mit entsprechender Vorspannung die genannten Teile gegen die von den Verdichtungs- und Verbrennungsdrücken herrührenden Zugkräfte entlasten, so daß diese gußeisernen Teile nur auf Druck beansprucht werden. Das verleiht der ganzen Maschine eine hohe Sicherheit gegen Zufälligkeiten des Gusses und ermöglicht dabei leichte Bauart der Gußteile. Zwischen den Ständern auf der Steuerseite der Maschine sind an Paßflächen die Gleitbahnen der Kreuzköpfe angeschraubt. Diese helfen wesentlich mit, die Ständer in der Längsrichtung der Maschine zu versteifen.

Je vier Ständerpaare tragen einen für je drei Zylinder gemeinsamen Zylinderblock; die beiden Zylinderblöcke sind über die ganze Breite verschraubt. Beim Entwurf der Zylinderblöcke hat man ebenso wie bei den Ständern und bei der Grundplatte durch einfache Formgebung dem Auftreten von Gußspannungen oder Lunkern entgegengearbeitet.

In die Zylinderblöcke sind die Zylinderbüchsen auswechselbar eingezogen. Zwischen Zylinderblock und Zylinderdeckel liegt ein besonderer gußeiserner Kühlring, der den oberen Teil der Zylinderbüchse aufnimmt und kühlt, so daß die hauptsächlich an diesen Teil übergehenden Wärmemengen gut abgeführt werden und der Zylinderblock von Wärmespannungen entlastet wird. Der Zylinderdeckel wird durch 8 Zuganker befestigt, die den Kühlring und den Zylinderblock durchdringen und zusammenfassen. Er ist mit einer in der Nähe des Bodens durchgehenden Zwischenwand[1]) versehen, die das Kühlwasser gegen den Boden drängt, dort mit höherer Geschwindigkeit vorbeiführt und ihn auf diese Weise sehr ausgiebig kühlt.

Der Kühlung des Arbeitskolbens hat man ebenfalls besondere Beachtung gewidmet, Abb. 7. Zwischen dem eigentlichen Kolbenkörper und dem Flansch der Kolbenstange ist ein Boden gespannt, dessen Rippen das Kühlwasser von der Mitte des Kolbens mit entsprechender Geschwindigkeit nach dem Umfang zu führen. Die durch die genau geregelte Wasserführung erreichte gute Wärmeableitung gewährt hohe Sicherheit gegen schädliche Spannungen und gegen Risse.

Zum Zu- und Abführen des Wassers dienen Posaunen, deren Stopfbüchsen derart vom Triebwerkraum getrennt sind, daß kein Leckwasser zum Schmieröl gelangen und dieses verunreinigen kann. Das Wesen der Posaunen[2]) besteht darin, daß die beiden mit Zwischenraum übereinanderliegenden Rohre nur an ihrem untersten Rande verbunden sind und das innere, stärkere mit dem Kolben verschraubt ist. Das äußere, elastische Rohr, das mit der Stopfbüchse unmittelbar in Berührung steht, paßt sich bei etwaigen Lagenänderungen der warm werdenden Maschine gut an. Damit werden die Packung und das Posaunenrohr geschont und das Dichthalten der Stopfbüchse wird auf lange Zeit gesichert. Ein Windkessel in der Zu- und Ableitung jeder Posaune gleicht die Wasserstöße aus.

Die Kolben und der Triebwerkraum sind voneinander durch Zwischenböden mit Stopfbüchsen getrennt; das von den Kolben und Zylinderwänden ablaufende, verunreinigte Schmieröl kann also nicht in das Umlauföl gelangen, womit das Triebwerk geschmiert wird, sondern wird getrennt davon aufgefangen und für sich gereinigt. Das Triebwerk hat die übliche Ausbildung: der obere Treibstangenkopf ist gegabelt, die Köpfe aus Stahlguß sind mit Bronzelagern versehen; die unteren Kurbelzapfenlager und der Gleitschuh des Kreuzkopfes haben Weißmetallausguß. Die Kreuzkopfgleitbahn wird durch Wasser gekühlt.

Die dreistufige Luftpumpe wird durch einen Exzenter zwischen den beiden Kurbelwellenhälften in der Mitte der

[1]) DRP. 296 424.
[2]) DRP. 277 554

Maschine mittels Winkelhebelübertragung angetrieben. Die zweite Stufe der Luftpumpe ist in einem Ringraum des abgestuften Kolbens unterhalb der ersten Stufe angeordnet, was sich in zahlreichen Ausführungen bewährt hat. Dadurch werden die Beanspruchungen des Exzenters und der Antriebzapfen günstig verteilt. Unmittelbar am Kompressor sind die Luftkühler und die Öl- und Wasserabscheider angebracht.

Zum Schmieren der Maschine dient Preßöl, das in jedes einzelne Lager der Kurbelwelle eingeführt und durch die hohlgebohrte Welle verteilt wird. Da die Bohrung der Welle über ihre ganze Länge reicht, werden etwaige Störungen im Schmierölzulauf zu einer Lagerstelle ausgeglichen.

Im Zylinderdeckel sind Ansaug-, Auspuff- und Brennstoffventile sowie ein Anlaß- und ein Sicherheitsventil untergebracht. Beim Brennstoffventil, Abb. 8 bis 11, sind die früheren Abdichtungen der Einblaseluft an der Brennstoffnadel durch Gleit- oder Drehstopfbüchsen und damit die lästigen Störungen an den Packungen vermieden. Die Nadel sitzt in einem geschlossenen Gehäuse, das auch einen Wipphebel zum Betätigen der Nadel enthält. Auf diesen Wipphebel wirkt ein in einem Gehäuse eingeschliffener Stempel ohne Packung; dieser trägt das Druckstück, auf das beim Öffnen der Nadel der Brennstoffventilhebel wirkt. Der erwähnte Stempel hat unten in dem Gehäuse einen Kegelsitz, der bei geschlossener Nadel ebenfalls geschlossen ist und deshalb jeden Luftverlust verhindert. Nur während der kurzen Öffnungsdauer der Nadel ist auch dieser Sitz offen; da aber der Stempel in seiner langen Führung gut eingepaßt ist, wird auch dann ein merkbarer Luftverlust vermieden.

Die Federn der gleichartig gebauten Ansaug- und Auspuffventile liegen außen sichtbar; das Gehäuse des Auspuffventils wird mit Wasser gekühlt. Der Sitz aus besonderem Gußeisen ist mit dem stählernen Ventilschaft zuverlässig verbunden.

Das Anlaßventil ist derart konstruiert, daß es beim Anlassen durch den Druck der Anlaßluft eingeschaltet, aber durch den Anlaßnocken gesteuert wird. Es öffnet sich nur dann, wenn der Druck im Zylinder niedriger als in der Anlaßleitung ist, wird also selbsttätig geschlossen, sobald die Zündungen einsetzen. Rückströmen heißer Verbrennungsgase in die Anlaßleitung wird durch diese Einrichtung vermieden. Das Sicherheitsventil im Zylinderdeckel bläst bei Drücken über 50 at ab.

Die Steuerwelle mit den Nockenscheiben liegt in der Höhe der Zylinderdeckel; sie wird von der Hauptwelle zwischen Zylinder 3 und 4 aus durch ein Stirnräderpaar, sowie ein unteres und ein oberes Kegelräderpaar angetrieben; das obere Kegelräderpaar setzt die Drehzahl der Welle im Verhältnis von 2 : 1 herab. Zweiarmige Hebel betätigen die Ventile.

Die Brennstoffpumpe, Abb. 12 bis 15, sitzt auf der Steuerwellenseite, in der Mitte der Maschine unten unmittelbar neben dem Bedienungsstand, so daß sie unter den Augen des Maschinisten arbeitet. Die wagrechte Zwischenwelle für den Antrieb der Steuerwelle trägt ein Exzenter, von dem aus die Bewegung auf die Brennstoffpumpe übertragen wird. Auf die Brennstoffpumpe wirken die Vorrichtung zum Verändern der Füllung und damit der Leistung und zum Abstellen der Maschine, sowie der Sicherheitsregler, der die Maschine bei plötzlicher Entlastung durch Austauchen oder Bruch der Schraube auf die Leerlaufdrehzahl einstellt, die wenig höher als die höchste Betriebsdrehzahl liegt.

Der Einblasedruckregler, Abb. 16 bis 18, enthält ein Druckminderventil, dessen Federbelastung nach Bedarf durch Drehen eines Handhebels vermehrt oder vermindert werden kann; damit wird der Einblasedruck erhöht oder erniedrigt. Eine Einteilung unter dem Handhebel ermöglicht, die Federspannung auf den in Betracht kommenden Einblasedruck einzustellen.

Abb. 12 bis 15. Brennstoffpumpe.

Abb. 16 bis 18. Einblasedruckregler.

Beim Umsteuern der Maschine verschiebt man die Steuerwelle, die je einen Satz Nocken für Vorwärts- und Rückwärtslauf trägt, in axialer Richtung, Abb. 19 bis 22. Dieser Bewegung geht im Augenblick des Umsteuerns eine Verdrehung der Steuerhebelwelle voraus, wodurch sämtliche

Abb. 19 bis 22. Umsteuerung.

Abb. 23. Bedienungsstand.

Ventilhebel angehoben werden, so daß sie die Nocken freigeben. Die Kraft zum Betätigen der Umsteuerung wird durch Druckluft aus dem Einblase- oder Anlaßgefäß geliefert, indem man dieses Gefäß beim Umlegen des Umsteuerhebels mit dem einen oder andern mit Öl gefüllten Behälter in Verbindung setzt. Der entstehende Öldruck treibt den Kolben nach der einen oder andern Richtung, und die Bewegung dieses Kolbens wird mittels Zahnstangen auf ein Ritzel übertragen. Dieses treibt eine Welle, die durch Kegelradübertragung zuerst die Welle der Steuerhebel verdreht und dann durch Nocken und Winkelhebel die Steuerwelle axial verschiebt. Schließlich werden die Ventilhebel durch weiteres Verdrehen ihrer Welle wieder an die Nocken angelegt.

Zum Anlassen dient Druckluft von 15 bis 25 at; eine besondere Einrichtung teilt hierbei alle Zylinder in zwei Gruppen, wovon zuerst die eine von Anlaß- auf Betriebstellung umgeschaltet wird, während die andre Hälfte noch Anlaßluft erhält. Auf diese Weise wird erreicht, daß auch während des Umstellens ein wirksames Drehmoment vorhanden ist und die Maschine in diesem Augenblick nicht stehen bleiben kann. Verblockungen sorgen dafür, daß die Anlaßhebel nicht eher bedient werden können, als bis die Umsteuerung in einer ihrer Endlagen ist, daß aber auch der Umsteuerhebel nur bewegt werden kann, wenn die Anlaßhebel in Haltstellung sind. Der Anlaßhebel stellt in der Haltstellung für seine zugehörige Zylindergruppe auch die Brennstoffpumpen ab und gibt erst Brennstoff, wenn er auf Betriebstellung umgelegt worden ist.

Die Handhebel für das Anlassen und Umsteuern, das Einstellen der Brennstoffüllung, den Einblasedruckregler und das Regeln der Luftpumpe und des Schmieröldruckes sind alle am Bedienungsstand vereinigt. Dort befinden sich auch sämtliche Manometer für die Beaufsichtigung des Betriebes, Abb. 23.

Für die Kühlung kann man nach Bedarf Süßwasser oder Seewasser verwenden. Die Pumpen werden gewöhnlich von Elektromotoren angetrieben. Alle Kühlwasserräume sind durch entsprechend große Öffnungen zugänglich, wodurch ihre Reinigung erleichtert wird.

Das Schmieröl steht unter einem Druck von 1,5 bis 2,5 at und wird den einzelnen Schmierstellen selbsttätig zugeführt; das ablaufende Öl wird gesammelt, durch ein Filter gepreßt, rückgekühlt und wieder verwendet. Auch die Schmierölpumpe wird in der Regel nicht von der Maschine, sondern elektrisch betätigt.

Als Brennstoff kann jedes Treiböl verwendet werden, das für Dieselmotoren überhaupt geeignet ist. Bei Steinkohlenteeröl oder dickflüssigen, schwerentzündlichen Ölen wird neben etwa nötigen Heizeinrichtungen das Zündölverfahren angewandt.

Der Brennstoffverbrauch beträgt, auf den Heizwert von 10 000 kcal/kg und auf die Volleistung bezogen, etwa 180 g/PS_e/h, der Schmierölverbrauch 0,6 bis 0,9 g/PS_e/h. Bei der MAN und ihren Lizenznehmern sind zurzeit etwa 20 Maschinen der besprochenen Art für deutsche, schwedische, holländische und italienische Schiffe fertiggestellt oder im Bau. [B 297]

Abb. 5. Ansicht von der Kupplungsseite aus.

Abb. 6. Längsschnitt durch das Mittelfeld mit Steuerungsantrieb.

takt-Schiffsdieselmotor von 2000 PS_e bei 108 Uml./min,
aschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Augsburg.
1 : 50

Band 69. N
6. Juni 19

D

Vorgetr

Hö

ie
D
ni
zugänglic
kaner si
Unterneh
was der I
winnt im
haben da
zurzeit m

Nach
deutender
als 25 at
z. Zt. De
Dampfspa

Doch
Dampfdru
bar. Aber
weder teu
lastungsfä
im allgeme
von 40 vH
von Wer
darüber.
temperatu
gelten, bi
der Mehrp
beträchtlic

In W
84 at-Kesse
waren ber
daß der D
Vorschaltt
mit dem
hitzer strö
Kesseln er
sich hier
anlage. A
Kessel ähn

Kennze
Äußerung
bezweifelte
Drücke al
bringen, tr
Begründun
halten es f
beizutragen
asebenfang
beurteilt w
„Wir leben
interessiert
unsern gut
Bei einer s
der Liefere

Zahlen

Na

Cahokia
Hudson Ave
Toronto
Waukegan
Trenton Cha
Philo
Miami Fort
Crawford Av
Weymouth

Das Dampfkesselwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Neuere Bestrebungen.

Von *Friedrich Münzinger*, *Berlin*.

Vorgetragen in der Fachsitzung „Dampfkesselwesen" der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Augsburg 1925.

(Fortsetzung von S. 658.)

Höchstdruckdampf und Zwischenüberhitzung.

Die Meinung, in Amerika seien bereits zahlreiche Dampfkessel mit mehr als 30 at im Betriebe, trifft nicht zu, selbst nicht in den für Neuerungen sehr zugänglichen großen Elektrizitätswerken. Die Amerikaner sind eben bei all ihrer Fortschrittlichkeit und Unternehmungslust scharfe Rechner, und vieles von dem, was der Europäer für Verschwendung oder Bluff hält, gewinnt im Lande selbst ein andres Aussehen. Auch sie haben daher herausgefunden, daß für Elektrizitätswerke zurzeit meistens 30 bis 40 at am wirtschaftlichsten sind.

Nach den mir vorliegenden Auftraglisten einiger bedeutender deutscher Kesselfirmen auf Kessel von mehr als 25 at Dampfdruck möchte ich sogar annehmen, daß z. Zt. Deutschland in der raschen Einführung höherer Dampfspannungen voraus ist.

Doch ist nach Zahlentafel 1 die Neigung, zu höheren Dampfdrücken als 20 bis 25 at überzugehen, unverkennbar. Aber fast alle Werke mit hohem Druck verfeuern entweder teure Kohlen oder haben hohe Grundlast. Der Belastungsfaktor der amerikanischen Elektrizitätswerke ist im allgemeinen wesentlich besser als in Deutschland. Werte von 40 vH sind keine Seltenheit, es gibt aber eine Reihe von Werken mit Belastungsfaktoren von 50 vH und darüber. 25 bis 28 at Kesseldruck und 380 °C Dampftemperatur können heute als Richtwerte für neuere Werke gelten, bis zu denen weitgehende Normung erfolgt und der Mehrpreis gegenüber 15 bis 20 at-Kesselanlagen nicht beträchtlich ist.

In Weymouth wurde während meines Besuches ein 84 at-Kessel aufgestellt, die zugehörigen drei 26,4 at-Kessel waren bereits fertig. Der Betrieb wird dort so geführt, daß der Dampf aus dem einen Höchstdruckkessel in einer Vorschaltturbine auf rd. 27 at expandiert, dann in einen mit dem 84 at-Kessel zusammengebauten Zwischenüberhitzer strömt und sich schließlich mit dem in den übrigen Kesseln erzeugten Dampf von 26,4 at mischt. Es handelt sich hier aber zugestandenermaßen um eine Versuchsanlage. Außer Weymouth sollen zwei weitere Werke Kessel ähnlicher Dampfspannung aufstellen.

Kennzeichnend für amerikanische Denkart war die Äußerung eines leitenden Ingenieurs, der, obgleich er bezweifelte, daß für sein Elektrizitätswerk sehr hohe Drücke alles in allem eine nennenswerte Ersparnis bringen, trotzdem einen solchen Kessel aufstellt mit der Begründung: „Wir sind ein großes Unternehmen und halten es für unsre Pflicht, zur Entwicklung der Technik beizutragen." In einem andern Werke baute man Flugaschenfänger ein, obgleich ihre Wirksamkeit wenig günstig beurteilt wurde, hauptsächlich aus der Erwägung heraus: „Wir leben vom Publikum, das sich für solche Apparate interessiert, und wir legen Wert darauf, dem Publikum unsern guten Willen zu zeigen (to please the public)." Bei einer so großzügigen Auffassung kann natürlich auch der Lieferer viel leichter etwas Neues wagen, als wenn er das gesamte Wagnis allein und oft bei so knappen Preisen tragen soll, daß es in keinem vernünftigen Verhältnis mehr zum möglichen Gewinn steht.

Über Drücke von mehr als 30 at und weniger als 45 at bei reinen Kondensationsdampfturbinen hat man, wie bei uns, zwei verschiedene Auffassungen. Nach der einen ist zurzeit der günstigste Druck für gut belastete

Abb. 7. 565 m²-Sektionalkessel mit 250 m²-Hochdrucküberhitzer und 1300 m²-Zwischenüberhitzer im Crawford Avenue-Kraftwerk in Chicago.

1 Wasserrohre
2 Hochdrucküberhitzer
3 Zwischenüberhitzer
4 Speisewasservorwärmer
5 Kühlbalken in den Seitenwangen des Feuerraumes
6 Steigrohr von 5
7 Fallrohr von 5
8 Luftklappe zum schnellen Herabsetzen der Überhitzung
9 Abflußrohr für Flugasche
10 Sumpf zum Auffangen des Abspritzwassers von 4.
11 und 12 Sammeltrommeln von 3.

Zahlentafel 1. Hauptwerte der Kesselanlagen einiger großer, neuzeitlicher Kraftwerke.

Name des Werkes	Ausgebaute Leistung kW	Feuerung	Kesselheizfläche m²	Kesseldruck at	Dampftemperatur °C	Kesselsystem	In Betrieb genommen
Cahokia	300 000	Kohlenstaub	1675	24,6	365	Sektional	1924
Hudson Avenue	400 000	Unterschub	1825	25,3	375	Sektional	1923
Toronto	240 000	Kohlenstaub	1900	25,3	365	Sektional	—
Waukegan	—	Kettenrost	1308	28,1	370	Sektional	1924
Trenton Channel	300 000	Kohlenstaub	2700	29,2	370	Steilrohr	1924
Philo	300 000	Kettenrost	1310	42,3	390	Sektional	1924
Miami Fort	320 000	Kohlenstaub	1400	45,7	—	Sektional	—
Crawford Avenue	500 000	Kettenrost	1450	45,7	395	Sektional	1924
Weymouth	300 000	Unterschub	1835 1465	26,4 84,0	375 400	Sektional	1924 1925

Elektrizitätswerke 35 bis 40 at, weil man dann noch ohne Zwischenüberhitzung auskommt, die die Anlage beträchtlich verwickelt macht und verteuert. Die andre will auf Zwischenüberhitzung nicht verzichten und sucht sie tunlichst zu vereinfachen, indem sie auf drei bis vier normale Kessel einen besonderen Kessel mit sehr kleiner Heizfläche nimmt, in welchem der Zwischenüberhitzer eingebaut ist, Abb. 7. Dieser Kessel steht, um kurze Leitungen für die Zwischenüberhitzung zu erhalten, unmittelbar neben dem Turbinenhaus. Auf Reserve wird verzichtet und gegebenenfalls eine Zeitlang ohne Zwischenüberhitzung gefahren. Die thermischen Ersparnisse bei Zwischenüberhitzung können z. Zt. noch nicht sicher angegeben werden, weil man nicht genau weiß, um wieviel der Stufenwirkungsgrad der Turbine mit abnehmender Dampfnässe steigt. Blowney und Warren rechnen auf Grund von 20 Versuchen, über die sie jedoch nichts Näheres mitteilen, für 1 vH Dampfnässe mit 1 vH Verschlechterung des Stufenwirkungsgrades und finden, daß bei Frischdampf von 36 at und 400 ° C, der bei 10,5 at von neuem auf 400 ° C überhitzt wird, theoretisch rd. 7 vH erspart werden könnte [1]). Sie nehmen weiter an, daß durch unvermeidliche Verluste tatsächlich nur 5 vH herauskommen. Der praktische Betrieb muß nun lehren, wie sich Zwischenüberhitzung bewährt. Groß ist ihr wirtschaftlicher Spielraum aber wahrscheinlich nicht.

Im Crawford Avenue-Werk und in Philo beträgt die Zwischenüberhitzung bei 7,5 at 370 °C, was bei 50 000 kW-Turbinen gewaltige Leitungsdurchmesser ergibt. Ein wesentlicher Fortschritt wäre es m. E., wenn es gelänge, den Dampf unmittelbar an der Turbine mit Hilfe eines flüssigen, hoch siedenden Zwischenträgers für die Wärme von neuem zu überhitzen.

Quecksilberdampfkessel.

Die Quecksilber - Wasserdampf - Turbine hat weitere Fortschritte gemacht. Einen neuen Quecksilberkessel sah ich während und kurz nach der Fertigstellung. Er weist einige schwache Punkte der letzten Konstruktion nicht mehr auf und macht einen für die Herstellung im großen geeigneten Eindruck. Emmett war vor allem bestrebt, die empfindlichen Schweißstellen am unteren Ende der senkrechten Heizrohre zu vermeiden und den Kessel widerstandfähig gegen hohe Temperaturen auszuführen.

Austreten giftiger Quecksilberdämpfe bei Rohrdurchbrennern fürchtet man nicht, da im schlimmsten Falle nur Öffnungen von der Stärke einer Haarnadel entstehen sollen. Aus Einzelheiten des Kessels erkennt man in zunächst überraschender Weise, wie verschieden vom Wasser sich Quecksilber bei der Erhitzung verhalten muß. Namhafte Kraftwerkerbauer waren der Ansicht, daß bereits in wenigen Jahren die ersten großen Zweistoffturbinen in öffentlichen Elektrizitätswerken laufen werden. Die Aussichten von Wasserdampf sehr hoher Spannung hängen daher nicht zuletzt von der weiteren Entwicklung der Emmett-Turbine ab.

Abb. 8. Zunahme der mit Kohlenstaub beheizten Kesselheizfläche in den Ver. St. nach Ermittlungen der Fuller Engineering Co.

Kohlenstaubfeuerungen.

Abb. 8 zeigt, wie außerordentlich schnell sich Kohlenstaub zur Befeuerung von Kesseln in Amerika eingeführt hat [2]). Mehrere sehr große Elektrizitätswerke sind lediglich mit Staubfeuerungen ausgestattet, ein Zeichen für das hohe in Amerika dieser Feuerung entgegengebrachte Vertrauen. Hierzu zählen die Kraftwerke Lakeside in Milwaukee, Trenton Channel in Detroit und Cahokia in St. Louis. Wenngleich auf Grund des augenblicklichen Standes nicht anzunehmen ist, daß in naher Zeit mechanische Roste verschwinden werden, so wird doch bereits heute kein großes Elektrizitätswerk mehr errichtet, bei dem man den Einbau von Staubfeuerungen nicht sehr sorgfältig überlegt. Wesentliche Verbesserungen der Aufbereitungsanlagen oder ein großer Fortschritt in der Verschwelung von Kohle könnten das Bild schnell und gründlich ändern. Auch hier habe ich sehr weitgehende Übereinstimmung mit Ansichten der mir nahestehenden deutschen Kreise gefunden. Man hält in Amerika Kohlenstaubfeuerungen besonders geeignet für

1. Kohlen, die auf Rosten garnicht oder doch schlecht brennen,
2. Werke, bei denen die Kohle häufig wechselt,
3. Werke mit hohem Belastungsfaktor.

Ihre Beurteilung ist aber trotz ihrer unbestreitbaren großen Erfolge noch nicht einheitlich, manche Ingenieure verhalten sich noch immer etwas ablehnend. Interessant war ein Fall, wo ein Elektrizitätswerk so billige Kohle bekommen kann, daß hoher Wirkungsgrad der Verfeuerung überhaupt keine nennenswerte Rolle spielt. Das Werk hat daher mechanische Roste und keine Rauchgasvorwärmer. Über einige wichtige Werte für Roste und Kohlenstaubfeuerungen unterrichtet Zahlentafel 2.

Die Feuerräume macht man bei Kohlenstaubfeuerungen rd. doppelt so groß wie bei mechanischen Rosten mit Rücksicht auf gute Verbrennung und lange Lebensdauer der feuerfesten Einmauerung, obgleich mechanische Roste schon Feuerraumhöhen bis zu 7,2 m haben. Ein Kohlenstaubkorn der heute bei zentraler Vermahlung fast allgemein üblichen Größe braucht rd. 1 bis 2 s zur völligen Verbrennung. Der Feuerraum muß daher so groß sein, daß diese Zeit vergeht zwischen dem Austritt des Kohlenstaubes aus den Brennern und dem Eintritt der Feuergase in die Heizfläche. Endlich muß die Flamme so geführt werden, daß sie möglichst nicht gegen das Mauerwerk trifft; andernfalls wird es bei manchen Kohlen vorzeitig zerstört. Es bestehen aber Bestrebungen, die Verbrennungsdauer durch starkes Durchwirbeln der Flamme zu verkleinern. Sie gehen zum Teil parallel mit der Vereinfachung der Aufbereitung, indem jeder Kessel seine eigene, gleichzeitig als Einblaseventilator dienende Kohlenmühle von einfacher, gedrängter Bauart, womöglich unter Wegfall der Trockner erhält.

Ein großes Elektrizitätswerk macht zurzeit Versuche mit 6 verschiedenen Systemen und glaubt, daß sich der Wirkungsgradunterschied zwischen Systemen mit zentraler Aufbereitung und solchen mit Einzelmühlen auf 1 bis 3 vH herabdrücken lassen wird. Es beurteilte die Aussichten der Einzelmühlen sehr zuversichtlich. Es geht hier aber vielleicht wie bei so vielen technischen Dingen, daß der Anfänger leicht günstig gestimmt ist, wenn aus oft rein zufälligen Gründen, seine Versuche zu zeigen scheinen, daß die anderwärts geübte Vorsicht nicht berechtigt war. Wie weit es möglich ist, die Brenndauer durch Durchwirbeln zu verkürzen, muß die Erfahrung lehren, desgleichen, ob auch bei kleineren Feuerräumen die schädlichen Einwirkungen auf die Ausmauerung vermieden werden können.

Zahlentafel 2. Kennzeichnende Werte für selbsttätige Roste und für Kohlenstaubfeuerungen.

Feuerung	Auf 1 m² Kesselheizfläche erforderlicher Feuerraum l	Auf 1 m² Rostfläche verbrannte Kohlenmenge kg/h	Auf 1 m² Kesselheizfläche erzeugtes Dampfgewicht kg/h	Größte z. Zt. im Betriebe befindliche Rostfläche m²
Unterschubroste (Einender) . . .	90 bis 140	290	35 bis 55	rd. 41
Unterwind-Wanderroste . .	60 „ 140	245	35 „ 50	„ 41
Kohlenstaubfeuerungen	180 „ 290	—	55	—

[1]) The increase in thermal efficiency due to resuperheating in steam turbines. Von Blowney and Warren. 1924.

[2]) Reports of P. M. C. September 1924.

Am meisten verbreitet sind Lopulco-Feuerungen, aber mehrere andere Firmen, insbesondere die Fuller Co., haben den Bau von Staubfeuerungen für Dampfkesselanlagen tatkräftig in die Hand genommen. Auch an der Entwicklung sogenannter Einheitsanlagen, wobei Mühle und Einblaseventilator für jeden Kessel in einer Maschine vereinigt sind, wird emsig gearbeitet. Bei zentraler Vermahlung habe ich nur schnellaufende Mühlen angetroffen. Sogenannte Langsamläufer scheinen, wenigstens in Elektrizitätswerken, nicht verwendet zu werden. Am weitesten verbreitet sind hier die Raymond-Mühlen und nächst ihnen die Fuller-Mühlen. Erstere haben bekanntlich mehrere an einem umlaufenden Kreuz hängende Pendel, an deren unterem Ende die Mahlrollen sitzen, letztere von einem Kreuz angetriebene Mahlkugeln.

Die Raymond-Mühle arbeitet mit Windsichtung, die Fuller-Mühle mit Windsichtung oder mit Sieben. Die größte Leistung einer Raymond-Mühle beträgt z. Zt. 15 t/h. Ich sah zwei solcher Mühlen, die außerordentlich ruhig liefen. Fuller hat Mühlen ähnlicher Leistung im Betrieb und soll binnen kurzem eine 25 t-Mühle herausbringen. Man rechnet in nicht zu ferner Zeit mit 50 t-Mühlen und hat richtig erkannt, daß hohe Mühlenleistung für große Elektrizitätswerke unerläßlich ist. Bemerkenswert ist eine Einrichtung zum selbsttätigen Beschicken der Raymond-Mühlen, die in River Rouge und in Cahokia im Betriebe war. Sie verstellt mittels einer Membran, auf die der Unterdruck in der Mühle einwirkt, die Kohlenzuteilung. Erhält die Mühle zu viel Kohlen, so steigt der Unterdruck und die Membran verlangsamt die Zufuhr und umgekehrt. Die Einrichtung soll die Mühlenleistung bis um 15 vH erhöhen.

Es ist zu wünschen, daß die deutsche Mühlenindustrie dem bald zweijährigen Drängen einiger deutscher Kraftwerkerbauer, Mühlen großer Leistung zu entwickeln, willigeres Gehör schenkt. Der Standpunkt, sobald der Bedarf vorhanden sei, werde auch die passende Mühle gebaut werden, ist falsch. Richtig ist, daß sich der Bedarf einstellen wird, sobald Kraftwerkbauer und Betriebmann wissen, daß sie eine sicher arbeitende Mühle großer Leistung bekommen können. Es ist wohl möglich, daß sich auch Langsamläufer zu geeigneten Großmühlen für Elektrizitätswerke entwickeln lassen. Die meisten Mühlen, die die Zementindustrie zurzeit benutzt, sind aber für diese Verwendung nicht geeignet.

Einige der älteren Anlagen hatten noch umlaufende, von Rauchgasen beheizte Trommeltrockner, die neueren senkrechte, zwischen Rohkohlenbunker und Mühle eingebaute, feststehende Lamellen-Rauchgastrockner und ein Werk ebensolche, die durch Abdampf beheizt werden. Die umlaufenden Trockner sind zwar wirksam, brauchen aber für große Werke viel zu viel Platz und fügen sich schlecht in die Gesamtanlage ein. Die feststehenden, senkrechten Trockner dagegen erwärmen die Kohle mehr als sie sie trocknen.

In Cahokia treten z. B. die den Kesseln entnommenen Trockengase mit nur 150 bis 200 °C in die Trockner ein, verlassen sie mit 65 bis 95 °C und vereinigen sich wieder mit den übrigen Abgasen. Bei so tiefen Temperaturen und der geringen Bewegung der Kohle in den senkrechten, feststehenden Trocknern ist die Trockenwirkung natürlich gering. In Cahokia z. B. trocknen sie die Kohle nur von 12 vH auf 10 vH Wassergehalt, die Raymond-Mühlen treiben weitere 6 vH aus, d. h. weit mehr als die Trockner. Hierzu soll allerdings wesentlich die hohe Temperatur beitragen, mit der die Kohle bereits in die Mühle kommt. Als durchschnittlicher Wassergehalt, bei dem Raymond-Mühlen noch gut arbeiten, werden 5 vH und bei mancher Kohle 8 vH genannt. Er darf im Sommer etwas höher als im Winter sein.

In der Trockenwirkung ihres Luftscheiders sehen viele Ingenieure einen wesentlichen Vorzug der Raymond-Mühle. Einige Werke hatten überhaupt keine Trockner, so z. B. Lakeshore und Springdale, das seine Kohle aus einer eigenen Grube mit nur 2 vH Feuchtigkeit erhält. Andere Werke benutzten die Trockner nur zeitweilig, alle betonten, daß nicht die Gesamtfeuchtigkeit einer Kohle, sondern ihre Oberflächenfeuchtigkeit entscheidend sei, und daß nur so weit getrocknet zu werden brauche, bis der Staub bei der Beförderung und der Zuteilung durch die Brennerschnecken keine Schwierigkeiten macht.

Es wäre erwünscht, wenn der Zusammenhang zwischen Oberflächen- und Gesamtfeuchtigkeit und die erforderliche Vortrocknung für verschiedene Mühlensysteme und für möglichst viele deutsche Kohlen recht bald untersucht werden würden. In Werken, wo nur mäßig getrocknet wird, müssen Räume, in denen die Luftleitungen der Mühle und die Transportorgane für den Kohlenstaub liegen, so kräftig geheizt werden, daß die Temperatur der Wandungen der Blechrohre etwas höher bleibt als die ihres Inhaltes. Kohlenstaubbunker aus Eisenblech erhalten zweckmäßig eine äußere Wärmeisolierung.

H. Kreisinger teilt in einem beachtenswerten Vortrag in der A. S. M. E. im Dezember 1924 die Ergebnisse zahlreicher Mahlversuche an Sechsrollen-Raymond-Mühlen mit, deren Hauptwerte in Zahlentafel 3 zusammengestellt sind[1]).

Zahlentafel 3. Ergebnisse von Mahlversuchen an Sechsrollen-Raymond-Kohlenmühlen.

	Illinois-Kohlen	Pennsylvania-Kohlen	New River-Kohlen
Wassergehalt der Kohlen:			
getrocknet . vH	3,7 bis 6,0	—	—
ungetrocknet „	6,1 „ 6,2	1,8 bis 2,4	2,0 bis 3,1
Leistung der Mühle:			
getrocknet . t/h	5,2 „ 6,7	—	—
ungetrocknet „	4,3 „ 4,1	4,6 bis 5,4	7,1 bis 9,9
Kraftverbrauch:			
getrocknet . kW/t	13,0 „ 14,7	—	—
ungetrocknet „	18,4 „ 19,6	12,5 bis 14,3	11,4 bis 12,7
Durchschnittl. Feinheit des Staubes: Durchgang durch Sieb:			
100 Maschen a. 1″ vH	95	95	98,5
200 „ „ 1″ „	76	76	81,5

Die Zusammenstellung zeigt die starke Abhängigkeit der Mühlenleistung von Härte und Wassergehalt einer Kohle. Sie geht mit zunehmender Feuchtigkeit beträchtlich zurück, gleichzeitig nimmt der spezifische Kraftverbrauch rasch zu. Auch die Menge der Zusatzluft bei Luftscheidung beeinflußt den Kraftbedarf beträchtlich. Die von mir besuchten Werke gaben den spezifischen Kraftbedarf für das Mahlen einschließlich des Kraftbedarfes des Exhaustors für die Luftscheidung mit 12 bis 20 kW/t an. In Cahokia, wo Mühle und Exhaustor 16,5 kWh/t brauchten, sind mir als gesamter Kraftbedarf für die Beförderung der Kohle vom Eisenbahnwagen über die sehr ausgedehnten Verladevorrichtungen im Freien, den Rohkohlenbrecher, die Förderanlage im Mühlengebäude, das Trocknen und Zermahlen, das Blasen des Staubes von den Mühlen nach den Kesselbunkern und seine Beförderung von dort nach den Brennern 32 kWh/t genannt worden.

In einer nach Niederschrift dieser Abhandlung erschiedenen Mitteilung[2]) werden folgende, etwas abweichende Angaben über Cahokia gemacht:

Kraftbedarf:	kWh/t
Entladung, Transport und Vorbrechen	0,40
Ventilatoren für Trockner	2.66
Mühlen	16,15
Kompressor für Transport des Staubes	8,52
Summe	27,73
Kosten für Transport und Aufbereitung einschl. Unterhaltungskosten	36 cts/t

In Lakeside betrugen die entsprechenden Zahlen für 1 t ursprünglich 24 kWh und 0,35 Arbeitsstunden, jetzt sind sie 18 kWh und 0,22 Arbeitsstunden. Für den Transport der Rohkohle werden sehr starke Motoren verwendet. In dem ersterwähnten Werke hat der Motor für die

[1]) A review of recent applications of powdered coal to steam boilers, A. S. M. E. 1924.
[2]) „Mechanical Engineering" Bd. 47 April 1925 S. 272.

Abb. 9. Foster-Ekonomiser der Power Specialty Co. mit abgenommener Decke und Rückwand während des Abspritzens der äußeren Heizfläche.

Drehentlader der 50 t-Eisenbahnwagen 500 PS Leistung. Die ganze Entladung vom Beginn des Einfahrens bis zum Schluß des Ausfahrens des Wagens dauert 90 s. Die Hubmotoren für die 2 t-Greifer der Entladetürme haben bis zu 700 PS, die Hubgeschwindigkeit beträgt bis 6 m/s. Solche Entladevorrichtungen gleichen weit eher Förderanlagen als Hebezeugen.

Bei fünf Versuchsreihen wurden in Springdale bei bereits stark abgenutzten Mahlrollen folgende Grenzwerte für den Kraftbedarf der Aufbereitung gefunden:

Wassergehalt der Kohlen . . . . vH	2,80 bis 4,72
Leistung einer Mühle . . . . t/h	5,04 „ 7,01
Kraftbedarf für 1 t gemahlener Kohlen:	
Mühle . . . . kWh	16,2 „ 17,0
Gebläse für die Mühle . . . . . „	7,3 „ 8,1
Gesamtkraftbedarf zum Mahlen . . „	23,5 „ 25,1

Die Kohlen enthielten 13 vH einer harten, quarzsandhaltigen Asche.

Raymond-Mühlen dürften daher bei mittelharter deutscher Steinkohle mit 15 bis 20 kWh auskommen.

Ein Werk gab die Ausbesserkosten an solchen Mühlen mit 5 cts/t (21 ₰/t) an; ein andres mit 10 cts/t. Eine vollständige Ausbesserung einer Raymond-Mühle dauert in einem Werk mit 3 Arbeitern 4 bis 5 Tage, ein anderes Werk mit weniger günstigen räumlichen Verhältnissen rechnet dafür rd. eine Woche. Es hält die Mühlen täglich 20 h in Betrieb und schmiert sie gründlich alle 36 h, was ungefähr 1 h in Anspruch nimmt. Einige Stellen beklagten sich über den Schmierstoffverbrauch.

Die Lebensdauer der wichtigsten Teile, ausgedrückt in t verarbeiteter Kohlen, beträgt in 4 Werken:

Werk	I	II	III	IV
Mahlring	19 500	60 000	30 000	22 000
Mahlwalzen	29 500	4 000	30 000	22 000
Pflug zum Aufwerfen der Kohle	—	17 000	—	22 000
Spitzen des Pfluges . .	8 000 ÷ 12 000	1 400	—	—
Exhaustor-Flügelrad .	12 500	3 100	—	5 000

Auch sie hängt demnach sehr von der Beschaffenheit der Kohlen ab. Einige Werke halten schon heute die Gesamtbetriebkosten, bezogen auf 1 t verfeuerter Kohlen bei Rosten und Staubfeuerungen für gleich hoch. Die gesamten Unterhaltungskosten eines Kessels mit Unterschubrost und eines gleich großen Kessels desselben Werkes mit Staubfeuerung zeigt Zahlentafel 4.

Zahlentafel 4. Erhaltungskosten zweier 1500 m²-Sektionalkessel, von denen der eine mit Unterschubrosten, der andre mit Kohlenstaubfeuerungen ausgestattet ist.

	Unterschubrost cts/t	Kohlenstaubfeuerung cts/t
Rost bzw. Brenner usw.	4,44	5,39
Feuerraum und Mauerwerk . . .	5,29	2,19
Unterwindgebläse	0,70	2,01
Rußabbläser	0,05	1,14
Speiseventile	0,09	0,35
Ventile und Rohrleitungen	0,65	0,52
Kessel	5,29	3,96
Summe	16,51	15,56
Verfeuerte Kohlenmenge . rd. kg	36 500	28 600

In der gleichen Anlage wurden in achtmonatlichem Betriebe die in Zahlentafel 5 zusammengestellten Ergebnisse erzielt.

Zahlentafel 5. Vergleichsversuche an 1500 m²-Sektional-Kesseln ohne Ekonomiser.

Kessel mit	Unterschubrosten	Kohlenstaubfeuerungen
Abgabedauer von Dampf . . . . . . h	3930	4612
Betriebsdauer mit gedämpftem Feuer „	649	216
Zeit für gesamte Betriebsbereitschaft „	4579	4828
Für Ausbesserungen erforderl. Zeit „	1277	1028
Durchschnittl. Dampferzeugung[1] . . . . kg/m²h	40,5	48,5
Durchschnittl. CO_2-Gehalt . . . . vH	12,1	13,5
„ Wirkungsgrad[2] . . „	73,3	78,6

Die Schwierigkeiten mit dem feuerfesten Mauerwerk scheinen so gut wie überwunden zu sein. In River Rouge, wo allerdings auch mit Gas geheizt wird, ist die Mauerung der Kessel seit 1920 ohne wesentliche Ausbesserung in Betrieb. In einem andern neueren Werke halten allerdings Teile der Seitenwände bisher nicht länger als 3600 h, weil die dort verfeuerte Kohle 16 vH besonders stark fressende Asche hat. Sie enthält 18,5 vH Eisen und schmilzt schon bei 1100 ° C. Aber auch bei mechanischen Rosten ist die Lebensdauer der Einmauerung bei manchen Kohlen sehr beschränkt; so müssen z. B. in einem ganz modernen, von mir besuchten Werk die Feuergewölbe und Seitenwangen von Wanderrosten schon nach 4 bis 5 Monaten erneuert werden.

Die großen mit Kohlenstaub gefeuerten Kessel machen einen ausgezeichneten Eindruck, ihre Regelbarkeit ist erstaunlich. Der Einfluß der strahlenden Wärme des Mauerwerkes auf die Dampferzeugung nach Abstellung der Brenner ist auffallend gering. In einem Werke sinkt z. B. nach Abstellen der Kohlenzufuhr die Dampferzeugung des Kessels in 2 min von 68 000 auf 14 000 kg/h, d. h. in 1 min um rd. 40 vH der vollen Leistung. Nachdem der Kessel 5 Stunden lang lediglich auf Druck gehalten worden war, konnte er in 4 min auf 50 kg/m²h

[1] Bezogen auf Dampf von 539 kcal/kg Erzeugungswärme.
[2] Gerechnet mit dem oberen Heizwert.

(bezogen auf Dampf von 539 kcal/kg Erzeugungswärme) gebracht werden. So rasches Hochheizen würde die Ausmauerung von Kesseln mit mechanischen Rosten nicht aushalten. Die Doppelwände neuzeitlicher Kohlenstaubkessel, von denen die dem Feuer ausgesetzte Seite nur 200 mm dick und in ihrer Beweglichkeit von der äußeren Wand ziemlich unabhängig ist, haben aber eine Elastizität, die man früher nicht für denkbar gehalten hätte.

Bei großen Kesseln zündet der Staub noch nach Pausen von 1 bis zu 3 h. Es ist aber wichtig, daß während des Stillstandes keine kalte Luft in den Feuerraum eindringen kann. Die Rauchgasabsperrschieber müssen daher gut schließen und die Feuerräume werden zweckmäßigerweise mit Blech ummantelt.

Die Aufbereitungsanlage, die früher in einem besonderen Gebäude untergebracht wurde, wie z. B. in Lakeside und River Rouge, wird jetzt meist längs des Kesselhauses aufgestellt und von diesem entweder gar nicht oder nur durch eine dünne Wand getrennt. Ihr Platzbedarf ist gegen die ältere Bauweise sehr zusammengeschrumpft.

Selbsttätige Roste.

Die Wanderroste in Calumet sind 7200 mm breit und 5400 mm lang, ihre Fläche beträgt demnach 39 m². Die größten Abmessungen der Coxe-Wanderroste sind in der Breite 7200 bis 8400 mm und in der Länge 5100 bis 6000 mm.

Abb. 10. Sektionalkessel mit hochliegendem Foster-Ekonomiser.

1 Aufhängung der Obertrommel 2 Aufhängung der hinteren Sektionen 3 Aufhängung des Überhitzers 4 Wasserbrausen zum Abspritzen des Ekonomisers 5 Ekonomiser 6 Fuchs zum Schornstein.

Wanderroste haben also bis zu 45 m² Einzelfläche. Unterschubroste werden als Einenderroste bis zu annähernd derselben Größe gebaut. Von den früheren Doppelender-Unterschubrosten kommt man allmählich ab. Bei den sehr großen Rostflächen scheint es aber schwierig zu sein, auf der ganzen Rostfläche guten CO_2-Gehalt zu erzielen, denn auch bei den sehr hohen Feuerräumen stehen für gründliche Durchmischung der Verbrennungsgase und der Luft nur recht beschränkte Mittel zur Verfügung. Es sind daher Bestrebungen im Gange, die Durchmischung durch geeignet angeordnete Gewölbe zu verbessern. Eine solche Bauart führt die Feuergewölbe über dem vorderen und dem hinteren Teile der Wanderroste ziemlich eng zusammen und bläst an der engsten Stelle Sekundärluft ein. Man hofft auf diese Weise den Dauerwirkungsgrad merklich zu erhöhen. Freilich stehen solche Gewölbeanordnungen im Widerspruch mit andern wichtigen Forderungen.

Rauchgas-Speiswasservorwärmer.

Gußeiserne Ekonomiser der sogenannten Greenschen Bauart mit oberen und unteren Sammelkästen und eingepreßten gußeisernen Rohren trifft man nur noch in größeren Kraftwerken, deren Baubeginn längere Zeit zurückliegt, da heute fast nur noch schmiedeeiserne Vorwärmer verwendet werden. Letztere werden aus nackten Rohren und aus Rohren hergestellt, über die man gußeiserne Rippenkörper gezogen hat, um unmittelbare Berührung zwischen schmiedeisernem Rohr und Rauchgasen zu vermeiden und die äußere Rohrheizfläche zu vergrößern (Foster-Ekonomiser). Vorwärmer mit nackten Rohren werden entweder ähnlich gebaut wie die schmiedeisernen Vorwärmer der Deutschen Babcockwerke in Verbindung mit deren Schiffskesseln (Märkisches Elektrizitätswerk), oder sie bestehen aus wagerechten Sammelkästen, zwischen denen leicht geneigte, treppenförmig hin und her gehende zweizöllige Rohre eingewalzt sind (Duratex-Ekonomiser). Diese haben meist einen einzigen Zug, ermöglichen vollkommene Gegenstromwirkung und sollen einen besseren Wärmeübergang als die erstere Bauart haben. Ferner liegt bei ihnen nur ein kleiner Teil der Rohre im Bereich der tiefsten Wasser-

Abb. 11. Steilrohrkessel mit Foster-Ekonomiser an der Rückwand.

1 Brenner 2 vorderes Wasserrohrbündel 3 u. 4 Kanäle für Sekundär-Verbrennungsluft 5 Fallrohr zu 6 6 Kühlrost 7 Steigrohr zu 6 8 Überhitzer 9 Ekonomiser 10 Rauchgasumführungskanal 11 Aschenabfuhr aus dem zweiten und dritten Zug 12 Saugzugventilator 13 Sammelfuchs.

Abb. 12 und 13. 1650 m²-Edge Moor-Kessel im Lakeside-Kraftwerk mit Strahlungsüberhitzer und tiefliegendem Foster-Ekonomiser.

1 Obertrommeln 2, 3 u. 4 Sattdampfleitungen zum Überhitzer 5 Strahlungsüberhitzer 6 Entnahmeleitung für überhitzten Dampf 7 Fallrohr zu 8 8 Kühlrost 9 Steigrohr zu 8 10 bis 15 Kanäle für Sekundär-Verbrennungsluft 16 Ekonomiser 17 Saugzugventilator 18 Sammelfuchs.

und Rauchgastemperaturen, die bei vorzeitigem Anrosten leicht ausgewechselt werden können. Um diesen Vorteil auch bei der andern Bauart zu haben, ordnet man die Rohre zuweilen senkrecht zum Rohrbündel des Kessels und die Zugscheidewände zwischen den Rohren an, so daß auch hier nur ein Teil der Rohre in der gefährlichsten Temperatur liegt.

Steilrohrkessel haben öfters sogenannte Integral-Ekonomiser, d. h. Vorwärmer, die ähnlich wie der Kessel gebaut sind und in den Jahren 1910 bis 1914 auch in Deutschland vielfach verwendet wurden. Da das Speisewasser fast allgemein destilliert und entweder in besonderen Apparaten durch Erwärmen bei Unterdruck oder durch Einspritzen in den Dampfraum der Kondensatoren nach vorheriger Erwärmung entlüftet wird, hört man fast keine Klagen über innere Anfressungen. Die äußere Heizfläche wird durch Dampf, Preßluft oder häufig auch durch äußerst heftige Wasserstrahlen von Ruß gereinigt, Abb. 9. Je nachdem, wieviel Schwefel eine Kohle enthält, wird entweder während des Betriebes oder bei stillgesetztem Kessel abgespritzt. Im letzteren Falle wird der Vorwärmer entweder vor oder unmittelbar nach dem Abspritzen mit heißem Wasser gefüllt, damit das aufgespritzte Wasser rasch verdunstet. Nur in ganz wenigen Fällen wurde über Anrosten infolge des Abspritzens geklagt, im allgemeinen ist es aber, besonders bei Foster-Ekonomisern, etwas Alltägliches. Der abgewaschene Ruß wird zusammen mit dem Abspritzwasser aus den hochliegenden Ekonomisern durch Rohre von 150 bis 200 mm Weite in den Aschenkeller geschwemmt. In einem Werke wurde auch der erste Kesselzug der Sektionalkessel mit Wasser abgespritzt.

Die Vorwärmer werden über, hinter oder unter dem Kessel angeordnet, Abb. 10 bis 13. Vielfach wird großer Wert auf vollkommene Gegenstromwirkung gelegt. Hochliegende Ekonomiser geben meist sehr hohe und teure Kesselhäuser.

Luftvorwärmer.

Das Interesse an der Vorwärmung der Verbrennungsluft ist sehr rege, größere Erfahrungen liegen aber nicht vor, denn die Zahl der bereits längere Zeit im Betriebe befindlichen Luftvorwärmer ist noch immer klein. Ein Werk stellt mehrere Ljungström-Vorwärmer auf, in Colfax und Calumet sind Taschenluftvorwärmer der Combustion Engineering Corp. in Betrieb, im letzteren Kraftwerk außerdem noch Röhrenvorwärmer von Babcock & Wilcox.

Die Temperatur der aus dem Vorwärmer austretenden Luft ist im allgemeinen 70 bis 110°. Luftvorwärmer gewinnen nicht nur die den Abgasen entzogene Wärme zurück, sondern verursachen besseres Ausbrennen der Rückstände und erhöhen den CO_2-Gehalt der Verbrennungsgase. Er soll zwar bei hoher Kesselbelastung nicht bedeutend größer als ohne Vorwärmung sein, nach Erfahrungen der Kansas City Power & Light Co. bei schwacher Kesselbelastung aber beträchtlich höher liegen. Ob es mit Rücksicht auf die sehr große Heizfläche empfehlenswert ist, die Rauchgase so tief abzukühlen, wie es in Amerika manchmal geschieht, ist m. E. fraglich. Schwierigkeiten durch die stärkere Schlackenbildung bei vorgewärmter Luft hält man für leicht überwindbar. Auf dichte Vorwärmer legt man wesentlich größeren Wert als früher, weil sonst erhebliche Wärmeverluste entstehen. Mit zunehmender Verbreitung der Anwärmung des Speisewassers durch abgezapften Turbinendampf gewinnt die Luftvorwärmung erhöhte Bedeutung. Man wird daher gut tun, ihr auch bei uns große Aufmerksamkeit zu schenken.

(Forts. folgt.) [B 222]

Fragen der neueren Turbinentheorie.

Von Dipl.-Ing. Schilhansl, Fritz Neumeyer-A.-G.[1]), München.

Die Notwendigkeit, sich von der auf der Annahme unendlich dicht stehender Schaufeln aufgebauten Theorie für den Entwurf von Schnelläufern freizumachen, führt zu neuen Rechnungsgrundlagen. Als besonders fruchtbar haben sich Vorschläge von Bauersfeld und Thoma erwiesen. Aus der Erörterung der Rolle, die die Schaufelbelastung in dieser Betrachtungsweise spielt, werden allgemeine Grundsätze für den Entwurf abgeleitet.

Die Bezeichnungen, die im Wasserturbinenbau üblich sind, wie

- u Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades,
- c Absolutgeschwindigkeit des Wassers,
- w Relativgeschwindigkeit des Wassers in einem mit dem Laufrad umlaufenden Koordinatensystem,
- c_u Umfangskomponente der Absolutgeschwindigkeit, Beizeichen 1 für Eintritt, 2 für Austritt,
- H Gefälle,
- ε Turbinenwirkungsgrad,

seien hier als bekannt vorausgesetzt. Die sogenannte Hauptgleichung

$$u_1 c_{u1} - u_2 c_{u2} = \varepsilon g H$$

ist abgeleitet für eine umlaufsymmetrische Wasserströmung im Laufrad. Sie gilt also streng für unendlich dicht aneinandergereihte Schaufeln und kann zur Berechnung der Schaufelein- und Austrittwinkel überall da verwendet werden, wo die Voraussetzung der dicht stehenden Schaufeln erfüllt ist. Dies ist bei Langsam- und Normalläufern der Fall. Je mehr man sich dem Gebiete der hohen spezifischen Drehzahlen nähert, um so weniger ist die Bedingung der unendlich dicht stehenden Schaufeln erfüllt. Die Gleichung behält zwar ihre Gültigkeit in Bereichen, die weit genug vor oder hinter der Schaufel entfernt liegen; denn dort herrscht Umlaufsymmetrie der Strömung. Zwischen den Schaufeln ist diese aber gestört, ebenso in unmittelbarer Nähe von Ein- und Austrittkante. Um dies zu erläutern, lege ich einen Zylinderschnitt durch eine rein axial stehende, zylindrisch begrenzte Schaufel eines Schnelläufers, deren Ein- und Austrittkante in Abb. 1 als Parallele erscheinen sollen. Diesen Zylinderschnitt wickle ich in die Zeichenebene ab, Abb. 2. Dann erhalte ich hier das Bild unendlich vieler, in verhältnismäßig großen Abständen stehender Schaufeln. Weil man bei der Abwicklung zu dem Bild unendlich vieler Schaufeln gelangt ist, habe ich oben vermieden, mich dem allgemeinen Gebrauch anzuschließen. der bei der Anwendung der Turbinenhauptgleichung von unendlich vielen Schaufeln spricht. Will man den Unterschied Langsam- oder Schnelläufer in diesem Punkte genau fassen, so muß man von unendlich kleinen oder endlichen Schaufelabständen reden.

Die Turbine gibt während ihrer Bewegung nach außen ein Drehmoment ab. Dies wird auf den Schaufeln erzeugt, und zwar dadurch, daß zwischen Ober- und Unterseite der Schaufel ein Druckunterschied besteht. Nach dem Bernouillischen Gesetz muß dann auch ein Geschwindigkeitsunterschied zwischen Ober- und Unterseite vorhanden sein. So gewinnt die Schaufel, auch wenn wir sie uns unendlich dünn vorstellen, die Bedeutung einer Unstetigkeitsfläche, welche die Umlaufsymmetrie stört und deren Einfluß über die unmittelbare Schaufelzone hinausreicht. Trägt man über der Abwicklung eines die Schaufeln durchstoßenden Parallelkreises als Abszissenachse den Druck- und Geschwindigkeitsverlauf auf, so erhält man unstete Funktionen, die beim Übergang von der Schaufeloberseite zur Unterseite einen Sprung machen. Eine solche Unstetigkeitsfläche können wir uns durch eine Reihe gleichlaufender Wirbel ersetzt denken[2]). Solange man auf die Betrachtung der Vorgänge in unmittelbarer Nähe der Schaufelfläche verzichtet, genügt der Ersatz der ganzen Schaufel durch einen einzigen Wirbelfaden. Wenn in einer nach allen Seiten unendlich ausgedehnten Flüssigkeit ein unendlich langer stabförmiger Wirbelkern sich aufhält, so herrscht in der Flüssigkeit eine Strömung um diesen Kern, wobei jedes Wasserteilchen eine Kreisbahn um die Kernachse ausführt. Die in verschiedenen Entfernungen von der Achse sich bewegenden Teilchen haben Geschwindigkeiten, die der Entfernung umgekehrt verhältnisgleich sind. Etwas Entsprechendes stellt das Biot-Savartsche Gesetz dar, das jedem Elektrotechniker geläufig ist. In die Hydrodynamik übersetzt lautet es: Jedes Element ds eines Wirbelfadens (Stromleiters) liefert zum Geschwindigkeitsvektor c_u in einem Punkt außerhalb des Fadens einen der Wirbelstärke Γ (Stromstärke) proportionalen Geschwindigkeitsbeitrag (Beitrag zur magnetischen Kraft)

$$d c_u = \frac{\Gamma}{4\pi} d s \frac{\sin \alpha}{R^2},$$

der auf der Richtung von ds und R senkrecht steht, wenn R der Abstand des betrachteten Elementes ds und α der Winkel zwischen R und ds ist. Für den unendlich langen Stabwirbel erhält man durch Integration über ds

$$c_u = \frac{\Gamma}{4\pi} \frac{1}{R}$$

oder die längst bekannte Formel

$$c_u R = \text{konst.}$$

In der Abwicklung des Zylinderschnittes durch das Laufrad ersetzt man die einzelnen Schaufeln durch Stabwirbel, die senkrecht zur Zeichenebene stehen — in Abb. 3 erscheinen also nur ihre Durchstoßpunkte, später Wirbelpunkte genannt — und unendlich lang zu denken sind.

Als unendlich lang darf man die Wirbelfäden ansehen, weil einerseits die Turbinenachse bei der Abwicklung ins Unendliche fällt und anderseits die äußere Laufradbegrenzung in eine der Zeichenebene parallele Ebene übergeht; sie kann daher, solange wir den Einfluß der Wandreibung am Laufradkranz vernachlässigen, als spiegelnde Ebene aufgefaßt werden und gibt so die Fortsetzung der Stabwirbel ins Unendliche nach der andern Seite.

In Abb. 3 ist ein angenähertes Bild der Wirbelströmung eingezeichnet. Ganz dicht am Wirbelpunkt strömt das Wasser in Bahnen, die von der Kreisform noch wenig ab-

RZ741Z1

Abb. 1. Schnitt durch einen Axialläufer.

RZ741Z3

Abb. 3. Strömung um vereinzelte Wirbelpunkte.

Abb. 2. Stromlinienbild in der Abwicklung.

[1]) Der Wasserturbinenbau der Firma ist inzwischen von der MAN übernommen worden.

[2]) Vergl. Fuchs und Hopf Aerodynamik 1922 S. 94 bis 96.

Abb. 4. Laufrad von 13 000 PS-Leistung bei 26 m Gefälle für das Kraftwerk Aufkirchen.

weichen und den jeweiligen Wirbelpunkt **als** Mittelpunkt haben. Weiter entfernte Wasserteilchen bewegen sich in wellenförmigen Bahnen längs des Wirbelfadens. Ihre Amplitude wird um so kleiner, je größer der Abstand vom Wirbel wird. In genügend großer Entfernung kann man von gleichförmiger geradliniger Bewegung sprechen. Überlagert man nun der in Abb. 3 gezeichneten Strömung eine unter irgendeinem Winkel zur Verbindungsgeraden der Wirbelpunkte auftreffende Parallelströmung, so sieht man, daß diese durch das Wirbelfeld abgelenkt und gestört wird, und zwar am stärksten in unmittelbarer Nähe der Wirbel und am wenigsten in genügend großem Abstand von den Wirbeln. Das so zustandegekommene Stromlinienbild entspricht also genau dem in Abb. 2 gekennzeichneten[1]).

Legt man nun durch das Strombild, Abb. 3, zwei

[1]) Von Prof. Thoma 1921 auf der Hauptversammlung in Kassel zuerst in dieser Weise vorgebracht. Vergl. Z. Bd. 65 (1921) S. 682.

Abb. 5. Schaubild der Versuchsergebnisse eines Modellrades für die Aufkirchener Turbine.

Schnittlinien, eine oberhalb der Verbindungslinie der Wirbelpunkte und eine unterhalb, beide parallel zu letzteren oder, was dasselbe ist, verbindet man in Abb. 2 die Schaufeleintrittpunkte sowie die Austrittpunkte, so sieht man, daß die Umfangskomponente c_u keine Unveränderliche mehr ist, wie sie in der Turbinenhauptgleichung für die umlaufsymmetrische Strömung erscheint. Mit den Bezeichnungen t für Teilung, φ für Zentriwinkel und Beizeichen 0 für den Wirbelpunkt ist

$$d\,t = r\,d\,\varphi;\ \frac{t_0}{2} = r\,d\,\frac{\varphi_0}{2}\,..$$

Dementsprechend ist

$$\int c_u\,d\,t = r \int c_u\,d\,\varphi.$$

Diese Integrale sind zwischen den Grenzen $-\frac{t_0}{2}$ und $+\frac{t_0}{2}$ bzw. $-\frac{\varphi_0}{2}$ und $+\frac{\varphi^0}{2}$ zu nehmen und können sowohl für den Eintritt (Beizeichen 1) als auch für den Austritt (Beizeichen 2) gebildet werden. Dividiert man sie durch $t_0 = \frac{2\,r\,\pi}{z}$ bzw. $r\,\varphi_0 = \frac{2\,r\,\pi}{z}$ (z = Schaufelzahl), so erhält man

$$\frac{z}{2\,r\,\pi}\int_{-t_0/2}^{+t_0/2} c_{u_{1,2}}\,d\,t \text{ bzw. } \frac{z}{2\,\pi}\int_{-\varphi_0/2}^{+\varphi_0/2} c_{u_{1,2}}\,d\varphi.$$

In dieser Form stellen die Integrale die Mittelwerte der Umfangskomponente der Absolutgeschwindigkeit dar, was durch einen Strich über dem Zeichen c_u angedeutet werde. Also

$$\overline{c_{u_{1,2}}} = \frac{z}{2\,r\,\pi}\int_{-t_0/2}^{+t_0/2} c_{u_{1,2}}\,d\,t = \frac{z}{2\,\pi}\int_{-\varphi_0/2}^{+\varphi_0/2} c_{u_{1,2}}\,d\,\varphi.$$

Setzt man diese Mittelwerte in die Turbinenhauptgleichung ein, so geht diese über in

$$\frac{z}{2\,\pi}\left(u_1\int_{-\varphi_0/2}^{+\varphi_0/2} c_{u_1}\,d\,\varphi - u_2\int_{-\varphi_0/2}^{+\varphi_0/2} c_{u_2}\,d\,\varphi\right) = \varepsilon\,g\,H \text{ [2]}).$$

Benutzt man diese Gleichung zum Entwurf der Turbinenschaufel, so findet man, daß man aus ihr größere Eintrittwinkel und kleinere Austrittwinkel als aus der bisherigen Turbinenhauptgleichung erhält. Ich habe zur Ableitung dieser Formeln nur die Verhältnisse an der reinen Axialturbine untersucht. Es läßt sich aber leicht zeigen, daß man auch für die Francisturbine mit zentripetalem Zulauf und mehr oder minder axialem Ablauf zu demselben Entwurfgrundsatz gelangt. Äußerlich unterscheiden sich so entworfene Laufräder für den Betrachter nicht von solchen, die nach der Stromfadentheorie entworfen sind. Abb. 4 zeigt das Bild eines der von Fritz Neumeyer, A.-G., München-Freimann, für das Kraftwerk Aufkirchen der „Mittleren Isar"-A.-G. gelieferten Laufräder. Es leistet bei rd. 26 m Gefälle mit 2500 mm Dmr. rd. 13 000 PS. Die mit einem Modellrad von 460 Dmr. angestellten Versuche ergaben einen besten Wirkungsgrad von 87,6 vH, wie aus dem in Abb. 5 abgebildeten Diagramm ersichtlich ist. Die zuletzt angegebene Gleichung enthält gegenüber der ursprünglichen Form der Turbinenhauptgleichung auch eine Aussage über die Schaufelzahl und den endlichen Abstand der Schaufeln.

Dies bedeutet zweifellos einen Vorteil, den man jedoch so lange nicht ausnutzen kann, als man nicht auch die Schaufelgröße in den Kreis der Betrachtungen zieht. Das ist dadurch möglich, daß man eine Beziehung zwischen der Wirbelstärke und der Schaufelgröße (oder deren Länge im Zylinderschnitt) herstellt. Die Fläche einer Schaufel durch einen einzigen Stabwirbel zu ersetzen, wie es in den obigen Ableitungen gemacht wurde, bedeutet eine Näherung von verhältnismäßig geringer Genauigkeit. Nun ist die Schaufelgröße ihrer physikalischen Bedeutung nach von ausschlaggebendem Einfluß. In der gezeigten Näherungsrechnung kommt jedoch dieser nicht genügend zur Geltung, so daß durch die Berücksichtigung der Schaufelgröße die Genauigkeit der Ergebnisse nicht wesentlich gesteigert werden kann. Immerhin ist sie befriedigend, wenn man nach diesem Verfahren Turbinen bis zu $n_s = 400$ entwirft.

[2]) Vergl. Kucharski, Strömungen einer reibungsfreien Flüssigkeit bei Rotation fester Körper, 1918. München, R. Oldenbourg, S. 119.

Um nun für alle höheren spez. Drehzahlen Berechnungsverfahren abzuleiten, greift man auf das Stromlinienbild, Abb. 3, zurück. Infolge der Wirbelströmung um die Wirbelpunkte wird die Relativgeschwindigkeit des Wassers auf der Oberseite der Schaufel verringert, auf der Unterseite vergrößert. Ich habe schon vorher darauf hingewiesen, daß dies gleichbedeutend mit einem Druckunterschied zwischen Ober- und Unterseite ist. Bezeichnet man mit p_1 den spezifischen Wasserdruck auf der Schaufeloberseite, wobei unter spezifischem Druck der Druck auf 1 cm² Fläche verstanden sein soll, mit p_2 den auf der Unterseite, mit p die Differenz $p_1 - p_2$, mit β den Winkel, den ein Schaufelelement im Abstand r von der Achse von der radialen Erstreckung $d\,r$ und der Länge $d\,l$ mit der Umfangrichtung bildet, so ist

$$p \sin \beta\, r\, d\, r\, d\, l$$

das Drehmoment, das ein Schaufelelement liefert. Bezeichnet man ferner wie oben mit z die Schaufelzahl, mit r_i und r_a den innersten und äußersten Laufradhalbmesser und integriert über sämtliche Schaufelelemente, so erhält man als Drehmoment M des Laufrades

$$M = 2 \int_{r_i}^{r_a} \int_0^l p \sin \beta\, r\, d\, r\, d\, l$$

Darin ist sowohl p als auch β eine Funktion von r und l. Kennt man diese Abhängigkeiten, so kann das Integral zum mindesten auf zeichnerischem Wege ausgewertet werden. Da es sich im Rahmen dieser Arbeit nur um die Klärung der Grundfragen handelt, seien diejenigen Annahmen gemacht, die zu den übersichtlichsten Formeln führen. Zu diesem Zwecke setze ich sowohl p als auch β als unveränderlich und deute dies wie oben durch einen Strich über dem Zeichen an. Ich schreibe also $\overline{p} \sin \overline{\beta}$. Außerdem habe die Schaufel in allen Zylinderschnitten gleiche Länge. Dann liefert die Integration

$$M = z\, \overline{p} \sin \overline{\beta}\, l \frac{r_a^2 - r_i^2}{2}.$$

Die auf dem Bruchstrich stehende Differenz der Quadrate kann ich in das Produkt aus Summe und Differenz der ersten Potenzen verwandeln und dann die halbe Summe $\frac{r_a + r_i}{2}$ als mittleren Hebelarm r_m, die Differenz $r_a - r_i$ als Breite und $l\,(r_a - r_i')$ als Fläche F_1 der Schaufel deuten. Damit kann man schreiben:

$$M = z\, \overline{p} \sin \beta\, r_m\, F_1$$

Anderseits ist das Drehmoment des Laufrades gegeben durch die Gleichung

$$M = 71\,620 \frac{N}{n} \text{ (cmkg).}$$

Sie sagt aus, daß eine Turbine um so schneller läuft, je kleiner das Drehmoment bei gleicher Leistung ist. Um ein kleineres Drehmoment zu erreichen, hat man zwei Möglichkeiten. Die eine besteht darin, die spez. Schaufelbelastung $\overline{p}$ gering zu wählen, die andre darin, den Ausdruck $z\,F_1$ klein zu machen. Die in der Momentenformel noch vorkommenden Größen r_m und β sind nur in ganz engen Grenzen wählbar. Wenn im ferneren noch der Nachweis gelingt, daß auch $\overline{p}$ in verhältnismäßig engen Grenzen wählbar ist, so bleibt dann nur noch die Verringerung von $z\,F_1$, der Gesamtschaufelfläche, zur Steigerung der Schnellläufigkeit übrig. Aus der Gleichung

$$M = 71\,620 \frac{N}{n}$$

erhält man das wirkliche Drehmoment; denn in der Leistung N ist der Wirkungsgrad ε enthalten. Bezeichnet man mit M_i das Drehmoment, das dem vorhandenen Arbeitsvermögen $\gamma\, Q\, H$ mkg, bzw. $\gamma \frac{Q\, H}{75}$ PS entspricht (H = Gefälle in m, Q = Wassermenge in m³/s), so ist

$$M = \varepsilon\, M_i.$$

Man ist also bei der Anwendung der Momentenformel, wie ich die Gleichung

$$M = z\, \overline{p} \sin \overline{\beta}\, r_m\, F_1$$

kurz nennen will, genötigt, sich zu Beginn der Rechnung über den erreichbaren Wirkungsgrad klar zu werden. Im Rahmen dieser Arbeit sollen die mechanischen Verluste in der Lagerung der Turbinenwelle und die hydraulischen Verluste und der Wasserzu- und -abführung nicht im einzelnen, sondern bloß die Laufradverluste untersucht werden. Eine weitere Beschränkung will ich mir dahingehend auferlegen, daß ich die Verluste am Laufradboden und Kranz hier nicht bespreche, sondern lediglich die Verluste, die das Wasser beim Vorbeifließen an der Laufradschaufel erleidet. In einer Reihe von Veröffentlichungen ist die Ansicht ausgesprochen worden, daß nur Reibungsverluste hier in Frage kommen. Ich bezeichne diese mit R_v, ferner mit O die gesamte Schaufeloberfläche $(2\, z\, F_1)$, mit q den Druck, der dem halben Produkt aus dem Quadrat der Relativgeschwindigkeit w und dem Verhältnis von spez. Gewicht γ zur Erdbeschleunigung g entspricht, und mit c_r einen Reibungsbeiwert. Dann ist

$$R_v = c_r\, O \frac{\gamma}{g} \frac{w^2}{2} = c_r\, O\, q$$

c_r ist keine Konstante, sondern von der Reynoldsschen Zahl $\frac{w\, l}{\nu}$ abhängig (l Länge der Schaufel in Richtung w, ν kinematische Zähigkeit). Für die Abhängigkeit $c_r = f\left(\frac{w\, l}{\nu}\right)$ hat Gebers die empirische Formel abgeleitet

$$c_r = 0{,}0246 \left(\frac{\nu}{w\, l}\right)^{0{,}135}.$$

Ich habe nun für eine Modellturbine von 460 mm Laufrad-Dmr., die bei der Stichzahl $n_I' = 94$ (Stichzahl ist diejenige Drehzahl, die ein Rad von 1 m Dmr. bei 1 m Gefälle hat) und einer Schluckfähigkeit $Q_I' = 1{,}37$ m³/s (Wassermenge bei 1 m Dmr. und 1 m Gefälle) entsprechend einer spez. Drehzahl von 372 den Wirkungsgradbestwert mit 87,5 vH ergab, unter Zugrundelegung der Gebersschen Formel den Schaufelreibungsverlust festgestellt. Die Nachrechnung ergibt einen solchen von 1,6 vH. Die Summe der übrigen Verlustquellen beträgt 7 vH, wobei der Verlust an Spaltwasser mit 1 vH, die Verluste in den beiden Halslagern und einem Druckkugellager mit 2 vH eingesetzt und die Leitradverluste ebenfalls nach der Gebersschen Formel ermittelt sind. Man müßte also einen besten Wirkungsgrad von 100 — 8,6 = 91,4 vH erhalten haben. Zwischen diesem auf Grund der reinen Reibungsverlustbetrachtung ermittelten Wirkungsgrad und dem tatsächlich gebremsten bleibt ein Unterschied von 91,4 — 87,5 = 3,9 vH bestehen.

Dieser ist so beträchtlich, daß man ihn nicht auf die Rechnung etwaiger Meßfehler oder Baufehler setzen darf. Man findet aber eine weitere Verlustquelle in dem sogenannten Formwiderstand der Schaufeln. Dieser tritt überall da auf, wo die Form der Laufradschaufel so beschaffen ist, daß sich die Wasserströmung ihren Umrissen nicht vollständig anschließen kann, sondern Anlaß zur Ablösung der Strömung und Wirbelbildung in der Umgebung der Schaufel hervorruft. Auch der Formwiderstand ist seiner Größe nach abhängig von der Reynoldsschen Zahl, von den Abmessungen der umströmten Oberfläche und dem Quadrat der Strömungsgeschwindigkeit und in außerordentlichem Maße — hierin unterscheidet er sich vom reinen Reibungswiderstand — von dem Winkel, unter dem die Strömung auf die Schaufel trifft. Von diesem Winkel, dem sogenannten Anstellwinkel, ist auch die spez. Schaufelbelastung, die oben mit $\overline{p}$ bezeichnet wurde, abhängig. Ändert man also die Belastung der Turbine oder, was dasselbe ist, die ihr zufließende Wassermenge, so ändert sich ihr Drehmoment M und damit auch die Flächenlast $\overline{p}$. Das Wasser strömt also unter einem andern Winkel der Schaufel zu, wodurch sich der Formwiderstand ändert. Wächst letzterer beispielsweise langsamer als das Drehmoment, so nimmt der Wirkungsgrad des Laufrades zu, wächst er aber rascher, so nimmt der Wirkungsgrad ab. Der beste Wirkungsgrad tritt da auf, wo das Verhältnis von Widerstandsarbeit zu Nutzarbeit am günstigsten ist. Dieses Verhältnis muß jeweils durch den Versuch ermittelt werden, wobei es gleichgültig ist, ob man diesen Versuch an einer Turbine oder an einer einzelnen Schaufel vornimmt.

Die Ergebnisse einer solchen Untersuchung sind in Abb. 6 aufgezeichnet. Man kann annehmen, daß der absolut kleinste Widerstand im günstigsten Falle nicht größer ist als der reine Reibungswiderstand, und erkennt,

daß an der Stelle, wo das Verhältnis von Widerstandsarbeit zu Nutzarbeit ein Bestwert ist, der Formwiderstand bereits auf ein Vielfaches des Reibungswiderstandes angewachsen ist. Der Formwiderstand fällt also stärker ins Gewicht als der Reibungswiderstand, und das Streben nach einem absolut kleinen Reibungswiderstand, wie es beispielsweise in einem Aufsatz des Amerikaners Moody als Hauptaufgabe des neuzeitlichen Schnelläuferturbinenbaues hingestellt wird, verspricht so lange keinen Erfolg, bis wir uns gleichzeitig bemühen, den Formwiderstand im Punkte des besten Wirkungsgrades auf einen Mindestwert einzuschränken.

Nun ist bekannt, daß die gleichmäßig dicke Platte mit einer Abrundung am Kopf und einer kurzen Zuschärfung am Ende, so wie man sie zur Herstellung der gewöhnlichen Francisturbine mit Blechschaufeln verwendet, einen wesentlich höheren Formwiderstand hat als eine solche, deren Querschnitt in der Stromrichtung einem Profil gleicht, wie wir es etwa im neuzeitlichen Flugzeugbau zu sehen gewöhnt sind. Im betrachteten Falle beträgt der Formwiderstand bei dem Anstellwinkel, bei dem der beste Wirkungsgrad eintritt, das 2,25fache des reinen Reibungswiderstandes, der Gesamtwiderstand dementsprechend das 3,25fache des reinen Reibungswiderstandes. Es kommen also noch 1,6 vH · 2,25 = 3,6 vH als Formwiderstandsverluste hinzu, so daß der Gesamtschaufelverlust 5,2 vH beträgt. Die fehlenden 0,3 vH finden ihre Erklärung darin, daß die Geberssche Formel auf Versuchen mit sehr glatten Platten (Glas) aufgebaut ist, während die Schaufeln der untersuchten Modellturbine aus Gußeisen hergestellt und längs der wasserberührten Oberfläche lediglich mit der Feile bearbeitet waren.

Als wesentlichstes Ergebnis kann die Tatsache festgehalten werden, daß der für den Wirkungsgrad ausschlaggebende Einfluß des Verhältnisses von Gesamtwiderstand zu Schaufelbelastung auf Profile mit hoher Schaufelbelastung hinweist. Es bleibt nur noch die Aufgabe, die obere Grenze dafür festzustellen[1]). Zu diesem Zwecke werde zunächst untersucht, wie sich die Flächendrücke $\overline{p}$, die einer Vereinfachung der Rechnung zuliebe bisher als unveränderlich angenommen wurden, über die Länge l eines Schaufelschnittes verteilen. Hierüber liegen sowohl theoretische als auch experimentelle Untersuchungen vor, die vollkommene Übereinstimmung aufweisen. In Abb. 7 sind beispielsweise Versuchsergebnisse aufgetragen. Man bemerkt auf der Druckseite ein ziemlich starkes Ansteigen des Druckes zu einem Höchstwert, dem Staudruck. Er tritt am Kopf des Schaufelschnittes oder ganz dicht dahinter auf, und zwar an der Stelle, wo sich die Strömung gabelt. Der eine Zweigstrom fließt auf der Druckseite, der andre auf der Saugseite um die Schaufel. Im Verzweigungspunkt selbst herrscht keine Geschwindigkeit. Nimmt man an, er liege H_1 m unter dem Oberwasserspiegel, nehmen wir ferner an, daß auf dem durch den Eintrittspunkt gehenden Parallelkreis die mittlere Absolutgeschwindigkeit c_1 und die mittlere Relativgeschwindigkeit w_1 herrsche, so ist H_1 der Lagendruck und unter Vernachlässigung der Druckhöhenverluste in der Zuleitung der Turbine

$$H_1 - \frac{c_1^2}{2g} + \frac{w_1^2}{2g}$$

der Druck im Staupunkt. Der Wert $\frac{w_1^2}{2g}$ kommt hinzu, weil ja im Staupunkt die Relavitgeschwindigkeit null ist.

Auf der Saugseite bemerkt man ebenfalls dicht hinter dem Eintritt ein starkes Abfallen des Druckes bis zu einem Unterdruck p_{min}. Von dieser Stelle und dem Staupunkt klingen sowohl Unterdruck als auch Überdruck ziemlich gleichmäßig ab. Die zwischen beiden Drucklinien liegende Fläche gibt ein Maß für die Gesamtbelastung, und durch die Feststellung des Mittelwertes erhält man die spez. Flächenlast $\overline{p}$, mit der bisher gerechnet wurde. An der Stelle des p_{min} tritt ein Abreißen der Strömung oder ein Verdampfen des Wassers ein, wenn der Unterdruck an die Dampfspannung herankommt. Ist diese p_v at, so kann sie, umgerechnet in das technische Maßsystem und in m Wassersäule ausgedrückt, $h_{at} - h_v$ geschrieben werden. Dabei ist noch der Wechsel des barometrischen Luftdruckes mit der Meereshöhe, in der die Turbinenanlage steht, mitzuberücksichtigen. Schreibt man dafür h_m, so gibt der Ausdruck

$$h_{atm} - h_m - h_v = - h_{zul}$$

den zulässigen Kleinstwert für den Unterdruck, den ich mit h_{zul} bezeichne, wobei das negative Vorzeichen nur daran erinnern soll, daß es sich um einen Unterdruck handelt. Aus Abb. 7 ist die Bedeutung der Bezeichnung p_{max} als des Unterschiedes zwischen dem Staudruck und dem niedrigsten Druck ohne weiteres ersichtlich. Soll also Verdampfung vermieden werden, so darf im äußersten Falle

$$H_1 + \frac{w_1^2 - c_1^2}{2g} - p_{max} = - h_{zul}$$

werden. Damit die Bedeutung dieser Gleichung hervortritt, mögen noch einige Umformungen vorgenommen werden. Ist die Druckverteilung gemäß Abb. 6 bekannt, so kann man p_{max} in Beziehung zu $\overline{p}$ setzen und unter Einführung eines Proportionalitätsfaktors a schreiben

$$p_{max} = a\,\overline{p}$$

Ferner wächst $\overline{p}$ linear mit dem Gefäll. Ist also analog der im Turbinenbau für Größen, die sich auf das Gefälle 1 m beziehen, üblichen Bezeichnungsweise mit dem Beizeichen I, $\overline{p_I}$ die spezifische Belastung auf 1 m Gefälle, so ist

$$p_{max} = a\,\overline{p_I}\,H.$$

Dementsprechend

$$\frac{w_1^2 - c_1^2}{2g} = \frac{w_{I_1}^2 - c_{I_1}^2}{2g}\,H.$$

Rechnet man das Sauggefälle H_s als den Höhenunterschied von Laufradeintrittkante bis Unterwasserspiegel, so ist

$$H_1 = H - H_s.$$

Faßt man nunmehr die von H abhängigen Glieder auf der linken Seite der Gleichung zusammen, so erhält man:

$$H\left(1 + \frac{w_{I_1}^2 - c_{I_1}^2}{2g} - a\,\overline{p_I}\right) = - h_{zul} + H_s.$$

Auf der rechten Seite steht $-h_{zul}$, das entsprechend seiner Bedeutung nur in ganz engen Grenzen schwankt, d. h. beinahe als unabhängiger Festwert betrachtet werden kann, sowie das Sauggefälle H_s, das meist durch die örtlichen Verhältnisse bedingt ist. H_s ist bei Aufstellung der Turbine über dem Unterwasserspiegel positiv zu rechnen. Für Schnelläufer wird $a\,\overline{p_I}$ größer als $\frac{w_{I_1}^2 - c_{I_1}^2}{2g}$, so daß der bei H stehende Klammerausdruck negativ wird. Für

[1]) Vergl. Bauersfeld Z. Bd. 66 (1922) S. 461.

Abb. 6. Widerstände eines unendlich breiten Flügels.

Abb. 7. Druckverteilung längs eines Schaufelschnittes.

letzteren setze ich zur Vereinfachung $-\sigma$ und erhalte dann

$$\sigma H + H_s = h_{zul}.$$

Je größer der absolute Betrag von σ ist, um so kleiner muß H sein, damit die obige Gleichung noch erfüllt ist. Die Verwendungsmöglichkeit von Schnelläufern für relativ hohe Gefälle wird durch Profile mit kleiner Schaufelbelastung erreicht. So ist also auch nach oben hin eine Grenze gezogen und damit die eingangs aufgestellte Behauptung bewiesen, daß die Verringerung der Gesamtschaufelfläche das ausschlaggebende Mittel zur Erreichung höherer Schnelläufigkeiten ist. Darin liegt die grundlegende Bedeutung des Kaplanpatentes 300 591, das die Größe der Schaufelfläche betrifft. Die Gleichung $\sigma H + H_s = h_{zul}$ ist von größter Bedeutung für den Turbinenbau. Durch die Größen w_{I_1}, c_{I_1} und $\overline{p}_I$ ist die Schnelläufigkeit eines Rades bestimmt. Die Gleichung kann daher auch dazu verwendet werden, das größtzulässige Gesamtgefälle für eine Type von bekannter Schnelläufigkeit festzustellen.

In der richtigen Erkenntnis, daß damit die Möglichkeit gegeben war, mit den bisher bekannten Faustformeln über die Abhängigkeit von größtzulässigem Gefäll und spezifischer Drehzahl aufzuräumen, ferner die Behauptungen von Prof. Dr. V. Kaplan, daß die Kaplanturbine auch für 30 m Gefälle möglich sei, nachzuprüfen, hat die Fritz Neumeyer-A.-G. schon im Jahre 1922 begonnen, planmäßige Versuche darüber anzustellen[1]). So wurde damals zuerst der Beweis erbracht, daß zum Ausbau des Donaukraftwerkes im Kachlet bei 9½ m mittlerem Gefälle Schnelläufer mit einer spez. Drehzahl von 500 in der Minute verwendet werden können. Diese Versuche sind seither fortgesetzt worden. Sie werden folgendermaßen vorgenommen: Bei festem Gesamtgefälle wird die Lage des Turbinenlaufrades im Verhältnis zum Unterwasserspiegel verändert. Jeweils eine Versuchsreihe wird bei vollkommen gleichen Betriebverhältnissen, also gleichbleibender Leitschaufelöffnung und Drehzahl durchgeführt. Auf diese Weise wird erreicht, daß die Relativgeschwindigkeit w für die Versuchsreihe dieselbe bleibt, so daß sich auch die Laufradverluste, die, wie oben gezeigt wurde, von dieser abhängig sind, nicht ändern. Die beobachteten Änderungen im Wirkungsgrad hängen dann einzig und allein davon ab, ob die Turbine innerhalb oder außerhalb des Kavitationsbereiches läuft. Die Untersuchungen wurden bei 12 m Gefälle mit einem Laufrad von nur 180 mm Dmr., das dabei immerhin etwa 20 PS leistet, durchgeführt. Eines dieser kleinen Modellräder ist in Abb. 8 abgebildet. Durch planmäßige Arbeit in dieser Richtung ist es geglückt, den Beiwert σ bei einem Schnelläufer, der im Punkte besten Wirkungsgrades ein $n_s = 372$ aufweist und $n_s = 500$ noch mit 85 vH Wirkungsgrad erreicht, auf den Betrag von 0,214 herabzudrücken. Das heißt: Bei 25 m Gesamtgefälle beispielsweise gelangt man an die Kavitationsgrenze erst bei rd. 4½ m Sauggefälle.

Nach der Festlegung der beiden Grenzen für die spez. Schaufelbelastung kann man die Aufgabe des neuzeitlichen Turbinenbaues dahin auffassen, daß Schnelläufer gebaut werden müssen, deren spez. Schaufelbelastung hoch genug ist, damit noch gute Wirkungsgrade erreicht werden und doch nicht so hoch, daß die Verwendung für höhere Gefälle in Frage gestellt ist. Aus dem Bisherigen ist auch ohne weiteres klar, daß man das eine auf Kosten des andern bevorzugen kann, d. h. unter Verzicht auf Verwendungsmöglichkeit für vergleichsweise hohe Gefälle nur höchsten Wirkungsgraden nachjagt, oder unter Verzicht auf höchste Wirkungsgrade einen Schnelläufer für hohe Gefälle zu schaffen trachtet.

Das erstere scheint in Nordamerika vorherrschend zu sein. Als Beispiel hierfür sei erwähnt, daß in einem vor kurzem erschienenen Buch von Rushmore und Lof der beste Wirkungsgrad eines Laufrades von $n_s = 330$ mit 90,05 vH angegeben ist. Einen solchen Wirkungsgrad zu erreichen, ist mit kleinen Modellrädern von rd. 0,5 m Dmr. möglich. Wenn dieser Erfolg durch Wahl einer Schaufelform mit hoher Flächenbelastung erreicht ist, so kann er nicht als voll gelten. Voller Erfolg liegt erst dann vor, wenn man trotz der Erkenntnis, daß das schwachbelastete Profil zu schlechteren Wirkungsgraden verurteilt ist, ein Laufrad zu schaffen vermag, das dem andern an Wirkungsgrad nicht oder nur ganz wenig nachsteht und dabei für verhältnismäßig hohe Gefälle verwendet werden kann.

Abb. 8. Versuchslaufrad.

Daß die Amerikaner den bequemeren Weg der hohen Schaufelbelastung gegangen sind, schließe ich daraus, daß der beste Wirkungsgrad ganz dicht bei Volleistung, nämlich bei 97 vH davon auftritt. Diese Beobachtung, daß mit größerer Schaufelbelastung bei gleicher Schnelläufigkeit der beste Wirkungsgrad immer mehr in die Nähe der Vollast rückt, müssen wir heute noch zu den Erfahrungen rechnen, die wir noch nicht streng theoretisch begründen können, wenn wir auch besonders aus ähnlichen Erscheinungen in verwandten Gebieten darüber Mutmaßungen anstellen können. Ich schließe das amerikanische Vorgehen weiterhin daraus, daß die bisher von amerikanischer Seite über die Kavitationsfrage bekannt gewordenen Rechnungen nicht ausreichen, um den Kern erfassen und vor Trugschlüssen schützen zu können. Moody, der sicherlich zu den führenden Männern des amerikanischen Wasserturbinenbaues gehört, hat für den dynamischen Unterdruck, der in unsern Formeln mit p_I bezeichnet worden ist, den Ausdruck

Abb. 9. Stromlinienbild nach Moody.

$$\left(1 - \left(\frac{r_b}{r_c}\right)^2\right) \frac{w_{I_2}^2}{2g}.$$

aufgestellt. Er geht dabei von der Vorstellung aus, Abb. 9, daß die Strömung am Austritt (daher w_2) näherungsweise durch eine Wirbelströmung beschrieben werden könne, wobei der Wirbelkern mit dem Mittelpunkt des Krümmungskreises des Schaufelschnittes vom Halbmesser r_b zusammenfällt und der Wirbelbereich durch den Berührkreis vom Halbmesser r_c an die Endtangente an den benachbarten Schaufelschnitt abgegrenzt wird. Der Moodysche Ausdruck sagt aus, daß sich der dynamische Unterdruck um so mehr dem Wert null nähert, je weniger verschieden r_b von r_c wird. Dies ist der Fall bei verhältnismäßig dichtstehenden Schaufeln; darin liegt die Möglichkeit zu einem ersten Trugschluß, insofern keinerlei Aussage über die Größe der Schaufeln gemacht ist: durch Vergrößerung der Schaufelzahl und gleichzeitige Verkürzung der Schaufellänge, die ja nötig ist zur Erreichung derselben Schnelläufigkeit bei derselben Gesamtschaufelfläche, wird in Wirklichkeit der dynamische Unterdruck nicht kleiner, obwohl aus der Moodyschen Formel darauf geschlossen werden könnte. Die Formel würde ein Verschwinden des dynamischen Unterdruckes ergeben, wenn wir $\left(\frac{r_b}{r_c}\right) = 0$ machen. Letzteres ist der Fall, wenn $r_b = r_c = \infty$, d. h. wenn die Schaufel im Austritt geradlinig verläuft, also ein nach früheren Vorstellungen „arbeitsfreies" Ende hat, oder wenn der Austrittwinkel gleich 0 wird; ich würde letztere Möglichkeit nicht erwähnen, wenn sie nicht, allerdings in anderem Zusammenhange, patentamtlich geschützt wäre. [B 741]

[1]) u. zw. im Hydraulischen Institut der Techn. Hochschule München; vorher hat schon, als erster, Prof. Thoma Versuche an einem von der Fritz Neumeyer-A.-G. gebauten Versuchsrad über die Erreichung der Kavitationsgrenze durchgeführt.

Eine neue Preßtorffabrik.

Von Geh. Reg.-Rat Dr.-Ing. eh. A. Hausding, Berlin-Nikolassee.

Art, Ort und Größe der Anlage. Tagesleistung. Einrichtung. Anlage und Betriebkosten für ein größeres und ein kleineres Werk. Erzeugungskosten. Vorbedingungen für die Wirtschaftlichkeit der Anlagen.

Die Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit von Preßtorfwerken (Brikettfabriken) ist deren zweckmäßige Ausführung, geeigneter Rohstoff, sowie richtige Beurteilung und Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse. Ein wirtschaftlicher Wettbewerb mit den Preßkohlenfabriken sowie die Absatzmöglichkeiten für wirklichen Preßtorf, auch Torfbrikett genannt, als guten Hausbrand und Industriebrennstoff, sind ohne weiteres als gegeben anzusehen, weil die Torfmoore von den Braunkohlenbezirken in fast allen Fällen durch weite Entfernungen getrennt sind. Auch ein Wettbewerb mit dem aus gleichem Rohtorf erzeugten Hand- und Maschinentorf ist, wie die Erfahrung beim Friedlandwerk gezeigt hat, zugunsten der Preßtorfes ausgefallen, da letzterer infolge seiner Sauberkeit und Handlichkeit, sodann aber vermöge seines erheblich geringeren Feuchtigkeitsgehaltes von 12 bis 15 vH gegenüber dem des Hand- und Maschinentorfes von 25 bis 30 vH als Hausbrand bevorzugt wird. Be-

Abb. 1 bis 5. Preßtorfwerk der Brikettwerke Friedland, A.-G.

Erklärung zu Abb. 1. bis 5:

a Torfzuführtrichter
b Stachelwalzwerk
c Zubringer
d Rüttelsieb
e Schurren
f Feintorfzubringer
g Schleudermühle
h Rüttelsieb
i Fördergurt
k Kessel nebst Bunker
l Torfboden
m Zuführtrichter
n Röhrentrockner
o Siebtrommel mit Nachwalzwerk
p, *q*, *r* Förderschnecken
s Sammel- und Ausgleichräume
t Rümpfe
u Brikettpressen
v Rinnen.

Schnitt C-D

Abb. 3.

Schnitt E-F

Abb. 4.

Schnitt G-H

Abb. 5.

Abb. 6. Schrägrost-Schachtfeuerung für die Dampfkessel.

sonders hervorzuheben ist hierbei, daß der Preßtorf demgemäß einen wesentlich größeren Heizwert hat, und daß dessen Erzeugung unabhängiger von Witterung und menschlichen Arbeitskräften ist. Durch eine zweckmäßige Anlage kann ein voller Jahresbetrieb von mindestens 300 Arbeitstagen und dementsprechend eine erhebliche Verminderung der Betriebkosten, bezogen auf die Gewichtseinheit des erzeugten Preßtorfes, erreicht werden.

Das Preßtorfwerk Friedland[1]) ist auf dem von der Stadt Friedland gepachteten Moore, der sogenannten „Großen Wiese", auf Pfahlrosten errichtet. Der Pachtvertrag läuft 50 Jahre. Die Besitzerin des Moores erhält als Pachtzins 5 vH der Roheinnahme. Das Moor hat einen Flächeninhalt von rd. 3000 Morgen gleich rd. 800 ha und umfaßt etwa 13 Mill. m^3 nutzbare Torfmasse. Die Mächtigkeit des Torfes beträgt 1,5 bis 2,5 m, im Mittel 1,75 m. Der Abbau ist verhältnismäßig einfach. Die Abbauschicht besteht im wesentlichen nur aus der Grasnarbe der obersten Moorschicht und der Rohtorf aus einer gleichmäßigen, völlig zersetzten Schwarz- oder Modertorfmasse, ohne Holzeinschlüsse. Der Rohtorf hat einen Wassergehalt von 88 bis 90 vH und die Trockentorfmasse einen Aschengehalt von 10 bis 12 vH. Der Wasserspiegel des Vorfluters liegt 1 m unter der Mooroberfläche. Die Pütten werden daher während des Betriebes dauernd durch elektrisch betriebene Kreiselpumpen entwässert.

Der Rohtorf, von dem 1 m^3 rd. 1000 kg wiegt und außer dem nötigen Heiztorf gegen 100 kg Preßtorf ergibt, wird auf übliche Weise mittels elektrisch betriebener Bagger, von denen vier im Betriebe waren und die durch vier neue, stärker gebaute Bagger ersetzt worden sind, gewonnen und möglichst an der Ge-

[1]) Die Preßtorffabrik gehört den Brikettwerken Friedland, A.-G. bei Eichhof i. Pom. Der Bau wurde von der Maschinenfabrik Buckau, A.-G., Magdeburg ausgeführt.

winnungsstelle zum Trocknen abgelegt. Bei trockenem Wetter vermindert sich der Wassergehalt des Rohtorfes in etwa vierzehn Tagen, bei feuchter Witterung entsprechend länger, bis auf die zum Verarbeiten in der Preßtorffabrik geeignete Feuchtigkeit von 45 bis 55 vH. Ein Teil des Halbtrockentorfes wird mittels Feldbahn zur Preßfabrik gebracht, der übrige Teil, zu seiner Verwendung im Winterbetrieb, eingemietet.

Die Preßtorffabrik liefert täglich 2400 Ztr. = 120 t Preßlinge und ist mit zwei großen Pressen, einem Röhrentrockner mit Brech- und Siebwerken, zwei Dampfmaschinen von je 230 PS, vier Dampfkesseln von je 100 m² Heizfläche und zwei Drehstrommaschinen von zusammen 250 kW ausgerüstet. Letztere speisen, außer einigen kleinen Triebmaschinen in der Fabrik, die vier Bagger und vier Kreiselpumpen an den Pütten. Ein großes Leitungsnetz ist über das Moor verteilt. Zur Unterkunft für die Beamten dienen zwei Häuser mit je zwei Wohnungen, eine Kantine mit Wohnung für den Wirt, mehrere Arbeiterbaracken und ein Unterkunfthaus für unverheiratete Beamte.

Die Fabrikeinrichtung ergibt sich aus den Abb. 1 bis 5. Der angefahrene Halbtrockentorf wird in den Zuführtrichter *a* geschüttet und fällt in das Stachelwalzwerk *b* zur Vorzerkleinerung. Sodann hebt ein Zubringer *c* das Gut auf ein Rüttelsieb *d*. Die abgesiebten größeren Stücke gelangen je nach Bedarf entweder durch ein Förderband *i* zum Kesselfeuerungsbunker *k* und von hier zur Kesselfeuerung *k* oder zur Schleudermühle *g*, wo sie weiter zerkleinert werden. Durch ein zweites Rüttelsieb *h* wird eine nochmalige Sichtung nach der Korngröße vorgenommen. Alle feinen Teile werden durch die Schurren *e* dem Feintorfzubringer *f* zugeführt, der sie auf den oberen Torfboden *l* befördert. Hier fallen sie in den Zuführungsrumpf *m* und gelangen dann in den Röhrentrockner *n*, wo der Torf bis auf den zum Pressen nötigen Feuchtigkeitsgrad von 10 bis 15 vH getrocknet wird. Hiernach durchläuft das Gut eine Siebtrommel mit Nachwalzwerk *o* und wird durch Förderschnecken *p*, *q* *r* in die Ausgleichräume *s* geschafft. Je nach Bedarf kommt es in die Presserümpfe *t* und von dort aus in die Pressen *u*. Die von den Pressen ausgestoßenen Torfpreßlinge gelangen auf den Rinnen *v* durch den stoßweise wirkenden Pressendruck ins Freie zur Verladung. Die zur Wärme- und Krafterzeugung dienenden Dampfkessel *k* mit 12 at Betriebdruck sind mit Schmidtschen Schrägrost-Schachtfeuerungen ausgerüstet, Abb. 6. Der Wärmeaufwand für das Trocknen des Halbtrockentorfes ist dabei nahezu kostenlos, da man hierzu den Auspuff der Betriebmaschinen und der Pressen benutzt, wodurch die Wirtschaftlichkeit der Fabrik gewährleistet wird.

Die den Braunkohlenpressen im wesentlichen gleichenden und bekannten Buckauer Pressen sind der Eigenart des Torfes entsprechend abgeändert und haben sich in Friedland ohne jede Betriebstörung voll bewährt. Die Versuche haben ergeben, daß sogar noch Torf mit 70 vH Wasser ohne Schwierigkeiten verarbeitet werden kann, doch ist technisch und wirtschaftlich als der geeignete Feuchtigkeitsgrad des zur Verarbeitung in der Fabrik gelangenden Halbtrockentorfes 40 bis 50 vH festgestellt worden. Für die Kesselfeuerung verwendet man dagegen recht trockenen Torf, um durch den größeren Wirkungsgrad der Feuerung mit wenig Heiztorf auszukommen. Über die Menge dieses Verbrauches gibt Zahlentafel 1 Auskunft, wobei der angegebene Heiztorf auch zur Erzeugung der elektrischen Kraft für Gewinnung des Rohtorfes ausreicht.

Zahlentafel 1. Erforderliche Torfmenge zur Gewinnung von Preßtorf.

Wassergehalt im Halbtrockentorf vH	35	40	45	50	55	60	65
a) zur Herstellung von 1 kg Preßtorf ohne Heiztorf kg	1,36	1,48	1,61	1,77	1,97	2,21	2,53
b) zur Verdampfung des Wassers bis auf 12 vH und zur Krafterzeugung auf 1 kg Preßtorf . . . kg	0,19	0,27	0,38	0,54	0,68	0,85	1,08
c) zur Herstellung von 1 kg Preßtorf mit Heiztorf kg	1,55	1,75	1,99	2,31	2,65	3,06	3,61

Dementsprechend beträgt die erforderliche Rohtorfmenge für 1 t Preßtorf von rd. 12 vH Feuchtigkeit bei einem Wassergehalt von 90 vH 8,8 m³, bei 88 7,4, bei 86 6,3, bei 84 5,5, bei 82 4,9, bei 80 4,4 und für den Kesselbetrieb bei 40 bis 50 vH Feuchtigkeit des Heiztorfes 2,7, 2,3, 1,9, 1,7, 1,5, 1,4 m³ (gleich 23 vH des Gesamtbedarfes). Demnach ist der Gesamtbedarf an Rohtorf für 1 t Preßtorf mit 12 vH Feuchtigkeit 11,5, 9,7, 8,2, 7,2, 6,4, 5,8 m³.

Auf Grund der dem Friedland-Preßtorfwerk erwachsenen tatsächlichen Aufwendungen und des bisherigen mehrmonatigen Dauerbetriebes werden die Anlage- und Betriebkosten nach Zahlentafel 2 und 3 angegeben:

Zahlentafel 2. Anlage- und Betriebkosten für ein Preßtorfwerk von 120 t Tages- oder 36 000 t Jahresleistung.

a) Anlagekosten (in GM.)

Gebäude vollständig mit Dampfkesseleinmauerung, Schornstein und Brunnen . .	190 000 M
Maschinen und Einrichtung mit 2 Torfpressen; 2 Dampfmaschinen, 4 Dampfkesseln, 1 Röhrentrockner, 2 Drehstrommaschinen und sämtlichem Zubehör	330 000 M
zusammen	520 000 M[1])

b) Betrieb- und Geschäftsunkosten:

Verzinsung der Anlagekosten: 5 vH von 520 000 M =	26 000 M
Abschreibung auf Maschinen: 10 vH von 330 000 M =	33 000 „
Abschreibung auf Gebäude: 2 vH von 190 000 M =	3 800 „
Gehalt für einen Meister und einen Aufseher . .	4 200 „
Ausbesserungen (drei Schlosser)	8 600 „
Geschäftsunkosten	3 500 „
zusammen	79 100 M
also für 1 Wagen oder 10 t Torfpreßlinge . . .	21,97 M

Hierzu die Löhne und die sonstigen Unkosten:

für 33 Arbeiter in drei Schichten bei 0,40 M Stundenlohn	105,60 M	
für 6 Heizer in drei Schichten bei 0,50 M Stundenlohn	24,00 „	
für 2 Hofarbeiter in einer Schicht bei 0,30 M Stundenlohn	4,80 „	
für 3 Maschinisten in drei Schichten bei 0,50 M Stundenlohn	12,00 „	
zusammen	146,40 M	
oder für einen Wagen von 10 t	12,20 M	
für Schmieröl und Putzzeug je 10 t . . .	1,50 „	
für Formzeug, kleine Ausbesserungen .	2,00 „	= 15,70 M
Demnach an Gesamtherstellkosten für 10 t		37,67 M[2])

Hinzu kommen die Kosten des Halbtrockentorfes, die mit 60 bis 80 M für je 10 t Preßtorf angegeben werden.

Zahlentafel 3. Anlage- und Betriebkosten für ein kleineres Preßtorfwerk mit einer Presse bei 40 t Tages- oder 12 000 t Jahresleistung.

a) die gesamten Anlagekosten	190 000 M
b) die allgemeinen Jahresunkosten	37 400 „
also Erzeugungskosten für 10 t . .	31,17 M
und die Löhne für 16 Arbeiter und 3 Maschinisten in drei Schichten, Nebenlöhne, Ausbesserungen, Öl .	16,70 „
zusammen für 10 t	47,87 M[2])

Hierzu kommen wie oben die Erzeugungskosten für den nötigen Halbtrockentorf mit 60 bis 80 M für 10 t Preßtorf.

[1]) Infolge von Lohnsteigerungen, einiger Abänderungen und Ergänzungen haben sich die Preise für neue Anlagen entsprechend erhöht.

[2]) Die Berechnungen verstehen sich ausschließlich des Pachtzinses für die Moornutzung.

Erscheinen in einem oder dem anderen Falle die hier angegebenen Zins- und Abschreibungsbeträge sowie die Höhe der Löhne und Gehälter nicht ausreichend, so läßt sich an Hand der obigen Aufstellungen leicht eine Umrechnung vornehmen, wie es auch beim Brikettwerk Friedland bereits geschehen ist, aber bei den für die hergestellten Preßlinge erzielten Verkaufspreisen und vollem Jahresbetriebe noch immer zu einem guten wirtschaftlichen Ergebnis geführt hat.

Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines derartigen Preßtorfwerkes ist zu beachten, daß aschenreicher Torf (von rd. über 15 vH der Trockenmasse) für solche Anlagen überhaupt nicht in Frage kommen sollte, daß aber bei aschenarmen Torfen der Heizwert der daraus hergestellten Preßlinge (Torfbriketts) dem von guten Preßbraunkohlen mindestens gleichwertig, wenn nicht noch überlegen ist. Für das Absatzgebiet eines etwa neu geplanten Preßtorfwerkes ist besonders beachtenswert, in welchem Ausmaß die Preise für Preßbraunkohlen aus den für den Wettbewerb maßgebenden Kohlenbezirken durch die Frachtkosten beeinflußt werden. Die folgenden, aus zuverlässiger Quelle stammenden Zahlen, geben hierüber Aufschluß. Für mitteldeutsche und Lausitzer Hausbrand-Preßbraunkohlen, die im Sommer 1924 für 10 t ab Werk 96 bzw. 106 ℳ kosteten, betrugen die Verkaufspreise für 10 t:

	Mitteldeutsche Preßbraunkohlen	Lausitzer Braunkohlen
in Bremen	229 ℳ,	234 ℳ
„ Hamburg	229 „	229 „
„ Kiel	235 „	235 „
„ Flensburg	239 „	239 „
„ Rostock	247 „	250 „
„ Stralsund	249 „	252 „
„ Stettin	212 „	215 „
„ Stolp i. Pom.	258 „	261 „
„ Königsberg i. Pr.	241 „	— „

und für Rheinische Preßbraunkohlen in Bremen . . 257 ℳ

In Friedland werden die hergestellten Torfpreßlinge von einer besonderen Verkaufsgemeinschaft abgesetzt. Die im laufenden Jahr erzielten Preise sind etwas niedriger als obige Preise für Preßbraunkohlen, werden aber, wie schon erwähnt, laut Angabe der Betriebsleitung gegenüber den vorsichtig berechneten Selbstkosten bei voller Ausnutzung der Anlage einen recht befriedigenden Nutzen ergeben.

Nach dem Mitgeteilten und dem Ergebnis einer Besichtigung im Sommer 1924 kann man erwarten, daß der weitere Betrieb des Werkes die Zweckmäßigkeit der Anlage und ihre begründet erscheinende Wirtschaftlichkeit bestätigen dürfte.

Eine zuverlässige fachmännische Beratung und eingehende Prüfung des Moores hinsichtlich seiner Rohtorfbeschaffenheit und seines Masseninhaltes ist aber vor dem Entschluß zur Ausführung eines geplanten Preßtorfwerkes zur Vermeidung von Enttäuschungen dringend geboten. Ebenso sind Prüfungen vorzunehmen hinsichtlich des Absatzgebietes und der in Wettbewerb mit den Kohlenpreisen voraussichtlich für den Preßtorf zu erzielenden Verkaufpreise.

Die Tatsache, daß drei weitere Preßtorfwerke, und zwar eine Anlage in Deutschland, eine in Dänemark und eine in Rußland errichtet werden, und daß weitere geplant sind, läßt schließen, daß die bestehende Anlage in Friedland mit ihren Ergebnissen auf die beteiligten Kreise einen günstigen und für Neuanlagen hoffnungsberechtigten Eindruck gemacht hat. Eine Preßtorffabrik, wie die in Friedland errichtete, bietet jedenfalls die Möglichkeit, daß für die Verarbeitung von nur Halbtrockengut (unabhängig von der Witterung) zu stets ganz trockenen und äußerlich sauberen und handlichen Torfpreßlingen die ganze Arbeitzeit des Jahres (300 Tage) voll ausgenutzt werden kann. Die Abnehmer wissen auch, daß der Preßtorf eine gleichmäßig trockene Ware ist. Durch das so geweckte Vertrauen in die Güte und Gleichmäßigkeit der Ware sowie durch die Tatsache, daß durch den höheren Heizwert des Preßtorfes der Verbrauch vermindert wird, sind die Vorbedingungen für einen lohnenden Verbrauch und guten Absatz erfüllt, zumal infolge des geringeren Wassergehaltes die Zufuhr- und Frachtkosten wesentlich billiger werden. Es besteht daher gegenüber der sonst üblichen Hand- und Maschinentorfwirtschaft, deren Erzeugnisse wegen des viel höheren und stetig schwankenden Wassergehaltes einen geringeren Heiz- und Kaufwert besitzen, die Aussicht, die Ausbeutung größerer Torfmoore durch Errichtung von zweckmäßigen Preßtorfwerken (Brikettwerken) wieder aufzunehmen.

Von besonderem Vorteil ist es auch, wenn solche Anlagen, wie in Friedland, mit einem Elektrizitätswerk verbunden werden, das die nötige Arbeitskraft für die Rohtorfgewinnung (Bagger, Entwässerung, Zu- und Abfuhr) oder auch noch für andere benachbarte Betriebe bietet und dadurch, in Ersatz teurer menschlicher Arbeitskräfte, die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens verbessert. [B 24]

Schnellfilteranlage der Städtischen Wasserwerke Stuttgart.

Wenige Großstädte zeigen eine so mannigfaltige Wasserversorgung wie Stuttgart. Das gilt für die Anlagen zum künstlichen Heben des Wassers und auch für dessen Gewinnungsart. Oberflächenwasser, aus den Seen in Wildpark bei Stuttgart und als Neckarwasser aus der Gewinnungsstelle beim Stadtteil Berg, Quellwasser zum Speisen einer Reihe öffentlicher Brunnen, Grundwasser aus den Cannstatter Wasserwerken und aus der staatlichen Landeswasserversorgung beliefern zusammen die 350 000 Einwohner der Stadt. Seen-Wasserwerk, Cannstatter- und Neckarwerk leisteten bis vor kurzem zusammen 41 000 m³ täglich. Dieser Verbrauch wurde im Jahre 1921 an 130 Tagen überschritten. Den Rest des 1921 öfter bis 70 000 m³ täglich auftretenden Verbrauches deckte die Württembergische Landeswasserversorgung[1]). Sich von ihr unabhängig zu machen, hauptsächlich weil die Sicherheit der Versorgung nicht groß genug ist, war seit langem der Wunsch der Stadt. Zu diesem Zweck soll später eine Versorgung vom Schwarzwald her eingerichtet werden. Jetzt kommt nach Lage der Verhältnisse nur in Frage, das Neckarwasserwerk im Stadtteil Berg zu erweitern. Über diese Erweiterung berichtet ausführlich Erwin Link[2]).

Um das Neckarwasser aufzubereiten, gab es drei Möglichkeiten: Langsamfilter, Erzeugung künstlichen Grundwassers im Neckartal, Schnellfilter. Für den Neubau von 5000 m² Langsam-Filterfläche war Grund und Boden vorhanden, doch genügt diese Fläche für später nicht (2.5 bis 3 m³ täglich für 1 m² Filterfläche gerechnet). Ferner sind Langsamfilter teuer in der Anlage und geben, wenn das Neckarwasser stark getrübt ist, kein vollkommen klares Erzeugnis. Um künstliches Grundwasser zu erzeugen, hätte man den erforderlichen Grund und Boden erst erwerben müssen. Die Untergrundverhältnisse des Geländes neckaraufwärts sind wenig für Grundwassererzeugung geeignet. Die ganze Anlage erfordert hohe Baukosten. Dies ist bei Schnellfiltern nicht der Fall. Sie sind außerdem jederzeit betriebsbereit und liefern nach den Voruntersuchungen auch bei trübem Rohwasser klares Wasser. Die um Rat angegangene Preußische Landesanstalt für Wasserhygiene hieß die Schnellfilter im vorliegenden Fall ebenfalls gut.

Die Schnellfilteranlage arbeitet der Reihe nach

1. mit Vorklärung durch ein Fällmittel (wodurch das Wasser auch weicher wird),
2. mit Filterung,
3. mit Entkeimung.

Es galt, die neue Anlage, Abb. 1, der vorhandenen Langsamfilteranlage so anzupassen, daß beide Anlagen gleichzeitig und auch getrennt arbeiten konnten. Deshalb wurde das Schnellfiltergebäude über einem Langsamfilter, das zum Reinwasserbehälter umgebaut wurde, errichtet. So wurden die Grundmauern für das Gebäude erspart und der vorhandene Filterstoff wieder benutzt. An die Vorderseite des Schnellfiltergebäudes stößt das Gebäude für die Fällmittelanlagen, an die Rückseite das für die Entkeimanlage. Das Niederschlagbecken, von dem aus das Wasser mit natürlichem Gefäll ind die Schnellfilterbottiche gelangt, wurde auf einer kleinen Erhöhung in etwa 100 m Entfernung errichtet.

[1]) Z. Bd. 63 (1919) S. 295, 1073.
[2]) Vergl. „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 67 (1924) S. 593 u. f.

Abb. 1. Schema der Schnellfilter- und Entkeimanlage der Stadt Stuttgart.

Rohwasserleitung zum Filter
Reinwasserleitung vom Filter
Spülwasserleitung zum Filter
Schmutzwasserleitung und Übereich
Einfiltrierleitung
Verbindungsleitungen zwischen den Apparaten
Chlorleitungen
Druckwasserleitungen
Absperrschieber und Ventile

a Filterwiderstandanzeiger
b Selbstschlußvorrichtung
c Manometer
d Zuflußregler
e Strahldüse
f Venturirohr
g Ausflußregler
h Steuerregler
i Chlorflasche
k Chlordruckregler
l Manometer
m Chlorfilter mit Meßdüse
n Chlorventil mit Drosseldüse
o Chlorzusatzregler
p Reinwasser
q Wirbelapparat
r Drosselklappe
s Reinwasserabfluß
t zum Abwasserkanal

Das Neckarwasser wird in einem 880 m langen, 850 mm weiten Kanal mit natürlichem Gefäll und außerdem von einer andern Stelle mit einer 170 m langen und 500 mm weiten Heberleitung in die Rohwasserkammern geführt. In gelöster Form werden die Fällmittel Kalk, Eisensulfat oder Aluminiumsulfat in den Saugrohrenden beigemischt. In dem erwähnten Anbau für die Fällmittelmischung stehen zwei Kreiselpumpen von je 350 l/s mit einem 65 PS-Drehstrommotor sowie eine Kreiselpumpe von 45 l/s und fördern nach dem Niederschlagbecken, von wo das Wasser in eine 800 mm weite Eisenbetonrohrleitung auf die acht Schnellfilter im Filtergebäude gelangt. Das in der Entkeimanlage behandelte Filtrat geht in die Reinwasserbehälter und von dort in die Fördermaschinen.

Die Fällmittel werden an Ort und Stelle aufbereitet und eingeteilt. Die Kalkmilch wird in drehbaren schmiedeisernen Kalklöschtrommeln hergestellt, kommt in zwei hölzerne Kalkmilchbehälter von je 20 m³ Inhalt und wird aus diesen nach dem Reglerkasten gepumpt.

Das Eisensulfat gelangt durch einen Fülltrichter in einen Steingutbehälter, dem Wasser durch ein Spritzrohr zugeführt wird. Die Wassermenge kann gemessen und die Lösung aräometrisch geprüft werden; auf diese Weise kann man den Zusatz entsprechend den wechselnden Rohwassermengen bestimmen.

½ bis 1 h nach Zusatz der Fällmittel beginnt im Niederschlagbecken das Ausflocken. Dieses Becken ist 23,42 × 28,05 m² groß, hat befestigte Böschungen und in der Sohle 30 pyramidenförmige Vertiefungen zur Schlammabführung. Ohne Vertiefungen beträgt der Beckeninhalt 1200 m³, mit den Vertiefungen 1700 m³. Das Wasser geht durch Überfälle vom und zum Becken. Der Schlamm gelangt aus den Spitzen der Sohlenpyramiden in die Abflußrohre.

Die acht Schnellfilter aus Eisenbeton stehen in Reihen zu je vier Stück mit 4 m breitem Mittelgang; sie haben 6,4 m Innen-Dmr., zusammen 257 m² Fläche und leisten bei 120 m täglicher Filtergeschwindigkeit 30 000 m³ in 24 h. Im Boden jedes Filters liegen 30 bis 50 mm weite Verbindungsrohre mit zusammen 1304 bronzenen Siebköpfen. Die Filterschichten sind teils 75, teils 90 cm dick und enthalten Quarzsand mit 0,4 bis 1,0 mm Korngröße. Die Tragschicht unter der Filterschicht ist 28 cm hoch. Beim Reinigen durch Spülwasser arbeiten gleichzeitig Rührwerke. Zufluß und Abfluß werden selbsttätig geregelt.

Sowohl das Filtrat der alten wie das der neuen Schnellfilter kann durch die Chlorgasanlage entkeimt werden. Das Chlorgas ist in Gasflaschen aufgespeichert; sein Druck wird in Reglern bis auf wenige Zentimeter Wassersäule herabgesetzt, wobei er durch eine Gewichtverschiebung an einem Wagebalken geregelt werden kann. Danach kommt das Chlorgas zur Zusatzvorrichtung, die stets genau die vorgeschriebene Chlormenge auf 1 m³ Wasser zusetzt. Das Chlorgas wird durch eine Wirbelvorrichtung zerstäubt und so in dem zu entkeimenden Wasser aufgelöst.

Seit August 1923 ist die Anlage zunächst versuchsweise im Betrieb. Nach den Feststellungen bis zum Sommer 1924 lassen sich noch nicht in jeder Beziehung abschließende Urteile fällen, zumal das Niederschlagbecken nicht von vornherein im Betrieb war. Die Bauleitung hatte der städtische Baurat Ruß in Stuttgart, die Beton- und Eisenbetonarbeiten führte die Aktiengesellschaft für Beton- und Monierbau aus, die Aufbereitungsanlagen für die Fällmittel und die Entkeimung die Berlin-Anhaltische Maschinenbau-Aktiengesellschaft.

Die Stuttgarter Anlage ist die neueste größere Aufbereitanlage für Flußwasser. Ob die deutschen Städte bei künftigen Bauten die vielfach in der Anlage und im Betrieb teuere Grundwasserversorgung aufrecht erhalten können oder auf die manchmal wohlfeilere Flußwasserversorgung wie in den ersten Jahrzehnten der deutschen Wasserversorgungstechnik zurückgreifen müssen, kann man heute noch nicht entscheiden. Auf jeden Fall muß man den Stuttgarter Wasserwerken Dank wissen, daß sie auf Grund der neuesten Fortschritte auf diesem Sondergebiete des Ingenieurwesens ihre Anlage eingerichtet haben und beweisen wollen, daß in Deutschland ähnlich wie in Amerika Wasserreinigungsverfahren mit Fällung, Schnellfilterung und Entkeimung allen gesundheitlichen und wirtschaftlichen Ansprüchen gewachsen sein werden. [M 298]

Dipl.-Ing. Baer.

Füllkörper.

Dr.-Ing. Dr. phil. Felix Singer, Charlottenburg.

Verschiedene Arten von Füllkörpern werden besprochen. Die Raschigringe und ihre mannigfaltigen Verwendungsmöglichkeiten.

Der chemischen Industrie stehen für die Zwecke der Reaktionsbeschleunigung neben zahlreichen eigentlich chemischen im wesentlichen noch zwei physikalische Mittel zur Verfügung, nämlich die Temperatursteigerung und die Vergrößerung der Reaktionsoberfläche. Im allgemeinen kann man annehmen, daß eine Temperatursteigerung um etwa 10 °C die Reaktionsgeschwindigkeit eines chemischen Vorganges ungefähr verdoppelt. Anderseits ist die Dauer einer chemischen Reaktion in erster Annäherung der Oberfläche der aufeinander wirkenden Körper umgekehrt verhältnisgleich. Da man nicht in allen Fällen in der Lage ist, die Reaktionstemperatur zu erhöhen, so spielt die Frage der Oberflächenvergrößerung für zahlreiche chemische Zwecke eine ausschlaggebende Rolle. Die technische Durcharbeitung dieser Frage in den letzten Jahrhunderten (so alt ist diese Aufgabe nämlich) und ihre Lösung vor etwa einem Jahrzehnt hat gezeigt, daß diese Oberflächenvergrößerung nicht nur ein Hilfsmittel für chemisches Arbeiten ist, sondern auch zahlreichen andern technischen Zwecken in unvorhergesehen reicher Weise zu dienen vermag. Jedenfalls sind die Anwendungen der Oberflächenvergrößerung durch Füllkörper noch lange nicht erschöpft, wahrscheinlich steht man sogar erst am Anfang neuer Entwicklungen.

Die chemische Großindustrie braucht Reaktionsräume mit möglichst großer Oberfläche überall dort, wo Gase und Flüssigkeiten aufeinander einwirken sollen. Das Mischen von Gasen und Flüssigkeiten in den dazu bestimmten Räumen, denen man zweckmäßig die Form von Türmen gibt, vollzieht sich in der Regel entweder so, daß dem aufsteigenden Gasstrom ein Flüssigkeitsstrom entgegenfließt (Gegenstrom), oder indem beide Ströme in gleicher Richtung eintreten (Gleichstrom). Je häufiger dem Gase Gelegenheit geboten wird, mit der Flüssigkeit zusammenzutreffen, um so größer ist der Wirkungsgrad. Man zwingt daher die eintretenden Ströme, einen möglichst langen Weg unter ständigem Richtungswechsel zu durchlaufen, so daß Gas und Flüssigkeit immer wieder von neuem miteinander in Berührung kommen müssen.

Die Lösung dieser Aufgabe war oft sehr einfach; so konnte man sich z. B. da, wo es sich um chemisch ganz indifferente Gase und Flüssigkeiten wie etwa Luft und Wasser handelte, durch Aufschichten von Reisig, Latten, Brettern und Hobelspänen helfen, wie es noch heute auf den Gradierwerken zur Gewinnung einer konzentrierten Salzlösung üblich, wenn auch nicht zweckmäßig ist. In andern Fällen versuchte man durch lockeres Aufschütten von Koks, Steinen, Glasscherben, Kies oder Eisenfeilspänen einen gebrochenen Durchgangsweg und eine große Reaktionsoberfläche zu schaffen. Derartige Filter haben sich besonders bei der Gasreinigung bewährt, wo es galt, die in den Gasen enthaltenen festen oder flüssigen Teile zurückzuhalten, sei es einfach in der Absicht der Beseitigung oder der weiteren Verwertung. Für viele andre Zwecke erwies sich aber die hier doch sehr beträchtliche Einengung des Durchgangweges als nachteilig, zumal die feinen Durchtrittkanäle zwischen den einzelnen Stücken sich leicht durch Schmutzablagerungen verstopfen. Man ging daher daran, künstliche Füllkörper in zweckmäßigeren Formen herzustellen, von denen dann bereits nach kurzer Zeit die mannigfachsten Arten auf den Markt gebracht wurden. (Vergl. die umfangreiche Patentliteratur.

Für diese Füllkörper sind die verschiedensten Gesichtspunkte maßgebend: Sie müssen vor allen Dingen so beschaffen sein, daß sie den Durchgang möglichst wenig einengen, aber doch die Ströme zwingen, einen Zickzackweg zu durchlaufen; sie müssen fest sein, damit nicht die unteren Schichten durch die auf ihnen lastenden oberen und das Gewicht der Flüssigkeiten zerdrückt werden; sie dürfen aber auch wiederum nicht zu schwer sein, damit sie die Reaktionstürme nicht zu stark belasten; ausschlaggebend ist eine möglichst große Oberfläche und Widerstandfähigkeit gegen chemische Einflüsse.

Der oben geschilderte Entwicklungsgang und die nicht immer günstigen Erfahrungen mit regellos aufgeschütteten Brocken wie Koks usw. machen es verständlich, daß man zunächst solche Füllkörper anfertigte, die bei regelmäßigem Aufbau in den Reaktionsräumen gleichmäßig breite Durchtrittwege in regelmäßigen Abständen freiließen. Ein bekanntes Füllmaterial dieser Art sind z. B. die nebeneinander gestellten Ringe, die in verschiedenen Stockwerken gegeneinander versetzt sind. Andre gebräuchliche Formen sind die R a b e s c h e n Plattensteine, die K y p k e s c h e n Sternplatten, die Zellenkörper nach G u t t m a n n, die N a v r a t i e l s c h e n Tunnelkörper usw. Während die Benutzung aller dieser Körper an einen mühevollen planmäßigen Aufbau in den Reaktionstürmen gebunden ist, ging man in neuerer Zeit wieder dazu über, geeignete Füllkörper lose einzuschütten, denen man, den verschiedenen Anwendungen entsprechend, die mannigfaltigsten Formen, z. B. Tetraeder, Röhren, schiffsschraubenförmig gestaltete Scheiben usw. gegeben hat. Die von G u t t m a n n konstruierten Hohlkugeln oder Hohlwürfel boten den Vorteil einer großen Oberfläche und bewährten sich besonders bei der Adsorption nitroser Gase, waren aber für andre Zwecke nicht zu verwenden, zumal sie den Querschnitt der Türme beträchtlich verengten und damit Drucksteigerungen veranlaßten, die sehr oft störten.

Raschigs Ringe.

Oft kann man als Zeichen für die Güte einer Patentanmeldung die Zahl der hiergegen erhobenen Einsprüche, Klagen usw. betrachten. Die weitere Bedeutung eines Patentes erhellt oft auch aus der Zahl der versuchten Patentumgehungen und der abhängigen Schutzrechte. Betrachtet man die Füllkörperfrage von diesem Gesichtspunkte, so stellt das DRP Nr. 286 122 von Dr. F. R a s c h i g in Ludwigshafen am Rhein tatsächlich d i e Lösung vor. Kaum ein Patent ist so vielfach angegriffen worden wie dieses, und die Zahl der versuchten Patentumgehungen und -verletzungen ist, wie die anschließenden von Raschig gewonnenen Prozesse veranschaulichen, überaus groß. Die Bedeutung des Raschigpatentes liegt in der verblüffenden Einfachheit der Lösung.

Die Raschigringe, bestehend aus kleinen Zylindern, die je nach dem Zwecke der Verwendung aus Blech, gegossenem Metall, Porzellan oder Steinzeug angefertigt werden, sind dadurch gekennzeichnet, daß ihre Höhe annähernd gleich dem Durchmesser ist und etwa 15 bis 50 mm beträgt. Beim Einschütten dieser Hohlzylinderchen in den Reaktionsraum kann es niemals vorkommen, daß sich etwa ein Ring in den andern schiebt, wodurch Kammern mit stagnierender Flüssigkeit und unwirksamer Oberfläche entstehen könnten. Es findet vielmehr dank den stets gleich bleibenden Querschnitten dauernd und an allen Stellen eine regelmäßige Flüssigkeitsbewegung statt, die dann zur Folge hat, daß etwaige Ansammlungen von Flugstaub, wie er in vielen Gasen mitgeführt wird, nicht im Turm liegen bleiben, sondern ständig hinausgespült werden. Die Oberfläche einer solchen Füllung mit Zylindern von 25 mm Höhe und 25 mm Dmr. ist so groß, daß in einem Kubikmeter Turmraum etwa 220 m² wirksamer Fläche verfügbar sind. Der Füllstoff hat geringes Gewicht und ist infolge der einfachen Form verhältnismäßig billig.

Dieser so überaus einfache Füllkörper hat auf zahlreichen Gebieten der chemischen Industrie geradezu umwälzend gewirkt. Für die Mannigfaltigkeit seiner Verwendung seien hier nur einige Beispiele gegeben: Raschigringe dienen erstens überall da, wo Gase und Flüssigkeiten in eine möglichst innige Berührung miteinander gebracht werden sollen, z. B. zur Adsorption von Gasen oder Nebeln durch Flüssigkeiten, wie in der Schwefelsäureindustrie, oder zum Beladen von Gasen mit Dämpfen, wie bei der Karburierung, beim Herstellen von Benzin-, Benzol- und Äthergas, beim Beladen von Luft mit Salzsäure-,

Ammoniak-, Knallsäuregas usw. Anderseits sind die Ringe auch für die Zwecke der Konzentration brauchbar, da durch die innige Berührung der Flüssigkeiten mit entgegenströmenden Gasen im Raschigturm die Verdampfung erleichtert wird. Ferner begünstigen die regellos gelagerten Körper durch Dephlegmation die feinste Trennung von Flüssigkeitsgemischen auf dem Wege der fraktionierten Destillation. Da die Ringe bei zweckmäßiger Durchströmgeschwindigkeit den durchströmenden Stoffen eine besonders günstige Gelegenheit zum Abscheiden von Tröpfchen, Nebel und Staub geben, eignet sich die Ringfüllung auch ganz besonders zum Reinigen der Generatorgase. Sie begünstigt ferner durch ihre besondere Oberflächenausbildung die gegenseitige Einwirkung nicht mischbarer Flüssigkeiten und kann Rührwerke ersetzen.

Raschigringe in der Ingenieurtechnik.

Zu den Werkstoffen, die der Gesamttechnik dienen und daher für das Ingenieurwesen allgemeine Wichtigkeit haben, gehört in allererster Linie das Wasser. Bei seinem Gebrauch spielen Raschigs Ringe für folgende Zwecke eine außerordentlich große und längst noch nicht genügend erkannte Rolle, nämlich für die Wasserkühlung und die Wasserklärung. Zum Zwecke der Wasserkühlung kann man Schichten von Raschigs Ringen als Rieselkühler verwenden und erzielt mit sehr kleinen Ringabmessungen und Schichthöhen eine besonders große Wirkung. Solche Rieselkühler kommen mit ganz geringen Höhen aus und aus diesem Grunde sind die Pumpkosten für das Hochschaffen des warmen Wassers nur unbedeutend. Verwendet man Raschigs Ringe mit 25 mm Durchmesser und Höhe, so erreicht man schon bei einer Schichthöhe von nur 40 cm, daß die von unten durchgeblasene Luft oben mit Wasserdampf gesättigt ist. So wird das Aufnahmevermögen der Luft für Feuchtigkeit fast bis zur theoretischen Grenze ausgenutzt. Versieht man einen derartigen Rieselkühler mit einem Schornstein, der einen Zug von 4 mm W.-S. hervorbringt, dann kann man durch eine Ringschicht von 40 cm Höhe und 1 m² Querschnitt stündlich 4 m³ Wasser von 35° auf 15 °C herunterkühlen, wenn man Kühlluft von 12 °C zur Verfügung hat, die sich dabei auf 34 °C erwärmt. Verwendet man jedoch statt der Ringe von 25 mm solche von 15 × 15 mm, dann genügt für die gleiche Leistung schon eine Schicht von 10 cm Höhe. Hat man auch hier dieselbe Zugstärke von 4 mm W.-S., dann lassen sich stündlich 5,5 m³ 35 °warmes Wasser auf 15° bei Verwendung von Kühlluft von 12° abkühlen.

Handelt es sich um Luftbefeuchtung, also um die Erzeugung von mit Wasser gesättigter Luft von einer bestimmten Temperatur, so geht man genau in der gleichen Weise vor. Man hat dazu nur nötig, Wasser von dieser Temperatur über einen niedrigen Rieselturm mit Raschigs Ringen fließen zu lassen, indem man von unten die gewünschte Luftmenge einbläst. Das unten abfließende kalte Wasser wird durch Dampf wieder auf die gewünschte Temperatur gebracht und mittels einer Schleuderpumpe in Umlauf gehalten. Man kann aber in diesem Fall auch die Wasserberieselung ganz fortlassen und einfach in halber Höhe der Ringschicht Dampf einblasen. Er steigt dann in der oberen Hälfte mit der Luft zusammen in die Höhe, wärmt sie an und mischt sich mit ihr. Das beim Anwärmen der Luft aus einem Teile des Dampfes entstehende warme Wasser fließt durch die Ringe hindurch und kühlt sich in der unteren Hälfte ab, so daß es am Grunde als kaltes Wasser abläuft. Bei dieser Anordnung dient demnach nur die untere Hälfte der Ringschicht, die insgesamt beispielsweise 2 m Höhe hat, als Rieselkühler, die obere als intensiv wirkende Mischvorrichtung von Luft und Dampf. Die erforderliche Dampfmenge wird nach den Angaben eines Thermometers in der abströmenden, dampfgesättigten Luft eingestellt.

Eine in technischen Betrieben täglich gestellte Aufgabe ist die, Wasser von mitgeführten festen Verunreinigungen zu befreien. Man verwendet bisher Kläranlagen, die als Filterstoff Holzwolle, Steine usw. enthalten. In kurzer Zeit ist diese Filtermasse verstopft oder so weit verbraucht, daß sie durch neue ersetzt werden muß, was unsaubere, zeitraubende und daher kostspielige Arbeit erfordert. Hier haben die zwar in der Anschaffung teuereren, im Betrieb aber billigen Raschigringe Abhilfe geschaffen. Es gibt für jede getrübte Flüssigkeit, die man von unten durch eine Schicht von Raschigringen leitet, eine bestimmte Geschwindigkeit, bei der sie oben vollkommen klar abläuft, indem sie ihre Verunreinigungen in den vorher genannten Räumen geringer Flüssigkeitsgeschwindigkeit absetzt. Sind diese Räume gefüllt und will das Filter die Flüssigkeit nicht mehr klären, so treibt man einen Wasserstrom mit 10- oder 20facher Geschwindigkeit von oben nach unten hindurch und spült dadurch allen Absatz weg. Mit Soda gereinigtes Kesselspeisewasser, das durch kohlensauren Kalk getrübt ist, läßt man mit einer Geschwindigkeit von 1 mm/s durch eine 80 cm hohe Schicht von Raschigs Ringen (15 × 15 mm) fließen. Es tritt monatelang vollkommen klar aus. Ist endlich eine Reinigung notwendig geworden, so wird rückwärts durch die Ringe im Reiniger ein starker Wasserstrom geschickt, und der Reiniger ist in kürzester Zeit wieder betriebfertig. Eine einzige Füllung ist jahrelang brauchbar und macht sich durch die große Arbeitsersparnis rasch bezahlt.

Die Technik des Wassers führt auch zu einem gänzlich anderen Vorgang, nämlich dem der Entnebelung. Auch hierfür hat sich der Raschigturm gut bewährt. Hauptsächlich eingeführt ist er zunächst nur für die Entfernung von Teernebeln. Man läßt das Gas möglichst warm von unten in einen Rieselturm eintreten, dem oben kalter Teer zufließt. Indem er das Gas im Gegenstrom abkühlt und die Teertröpfchen aus dem Gas an sich reißt, erwärmt sich der Teer. Er tritt am unteren Ende des Rieselturmes in einen Vorratbehälter aus und wird von diesem mittels einer Schleuderpumpe durch eine von kaltem Wasser bespülte Rohrschlange gedrückt, wo er sich wieder abkühlt, um dann erneut auf den Rieselturm zu gelangen. Augenscheinlich spielen hier Verdampfungsvorgänge eine große Rolle.

Endlich werden Raschigs Ringe in technischen Betrieben auch zur Entstaubung verwendet. Der Fall, daß man warme Gase, namentlich Generatorgase, gleichzeitig zu kühlen und zu entstauben hat, kommt sehr häufig vor. Man leitet sie zu diesem Zwecke durch einen Rieselturm mit Raschigs Ringen, der mit kaltem Wasser gespeist wird. Es spült allen Staub, der sich an den feuchten Flächen der Ringe niedergeschlagen hat, heraus. Man drückt es, wenn das Wasser wieder benutzt werden soll, mittels einer Schleuderpumpe durch eine Filterpresse, kühlt es ab und läßt es erneut über den Rieselturm fließen. Freilich ist hierbei vorausgesetzt, daß der Flugstaub nicht etwa, mit Wasser zusammengebracht, zu einer zementartigen Masse erstarrt. Tritt dies ein, so muß man an Stelle von Wasser passende Öle, wie Petroleum oder Teeröle, in gleicher Weise zur Berieselung wählen. Man kann aber auch ganz ohne Berieselung entstauben und macht dann von zwei, bisher nicht besprochenen Eigenschaften der Ringfüllung Gebrauch. Einmal nämlich davon, daß die oftmalige Knickung des Luftstromes die einzelnen Staubteilchen einander nähert und zum Zusammenballen bringt, zweitens aber davon, daß unter den Räumen, die sich zwischen den Ringen befinden, stets solche sind, wo die Gasgeschwindigkeit geringer bzw. ganz unbedeutend ist. Hier setzt sich der Staub ab, und zwar so lange, bis diese Räume kleiner Gasgeschwindigkeit ausgefüllt sind. Ist das geschehen, und entstaubt daher das Ringfilter nicht mehr genügend, so ist es verhältnismäßig leicht, die Ringe zu entstauben. Die gesäuberten Ringe werden dann wieder regellos in das Filter eingefüllt und weiter benutzt[1]).

Während die Einführung von Raschigringen in die chemische Technik für viele Verfahren umwälzend gewirkt hat, führen sie sich in die Ingenieurtechnik langsamer ein. Die verschiedenen Beispiele ihrer bisherigen Verwendung veranschaulichen jedoch die Wahrscheinlichkeit einer stets wachsenden Bedeutung für zahlreiche Gebiete technischer Arbeit. [B 371]

[1]) Auch die sogen. Viscinfilter zum Reinigen der Kühlluft von Dynamos verwenden Raschigringe; s. Z. Bd. 65 (1921) S. 1366.

Carl Gaa †.

Am 24. April 1925 verschied in München plötzlich mitten in beruflicher Tätigkeit Dr.-Ing. eh. Carl Gaa, Mitglied des Vorstandes der Firma Brown, Boveri & Cie., A.-G., Mannheim, im Alter von noch nicht 54 Jahren. In ihm ist ein Pionier der Elektrotechnik dahingegangen.

Schon als junger Ingenieur wurde er vor verantwortungsvolle Aufgaben gestellt, indem er. bereits im Jahr 1893 im Alter von 22 Jahren von Brown, Boveri & Cie., damals Komm.-Ges. a. A. in Baden (Schweiz), mit dem Bau und Betrieb des Städtischen Elektrizitätswerkes Frankfurt betraut wurde. Es galt, dort ein noch heftig umstrittenes System der elektrischen Kraftverteilung zum ersten Mal in großem Maßstab in die Wirklichkeit umzusetzen, nämlich die Erzeugung der Energie in der Form von hochgespanntem Wechselstrom und ihre Verteilung auf ein größeres Stadtgebiet über Transformatoren mit Oberspannungs- und Niederspannungs-Verteilnetz.

Gaa war als Oberingenieur der BBC-Niederlassung in Frankfurt unermüdlich tätig, um die vielen unvorhergesehenen Schwierigkeiten zu überwinden und alle Störungen zu beheben, die durch damals noch ungeklärte Erscheinungen verursacht wurden, und es ist nicht zum wenigsten seiner Umsicht zu verdanken, daß das Werk zu dem bekannten großen Erfolge führte.

Um die Jahrhundertwende hatten Verhandlungen von Brown, Boveri & Cie. mit der Stadt Mannheim zu dem Ergebnis geführt, daß die junge Firma den Bau und Betrieb des Städtischen Elektrizitätswerkes in Mannheim übernahm und zugleich dort eine Fabrik für den Großmaschinenbau errichtete. Auch den Bau dieses Elektrizitätswerkes leitete Gaa, dann aber begannen die Sorgen und die Verantwortung für das neugegründete Fabrikunternehmen, da gerade während der Bauzeit eine industrielle Krise einsetzte.

Es dauerte jedoch nicht lange, so blühte das neue Unternehmen auf und entwickelte sich mit Riesenschritten, als im Jahre 1903 die Dampfturbine ihren Siegeszug in der Welt von Brown-Boveri aus begann. Überzeugt von der Zukunft der Dampfturbine setzte Gaa sich ganz dafür ein, und mit der starken suggestiven Kraft seiner Persönlichkeit errang er ihr Erfolg auf Erfolg und führte so das Unternehmen weiter in die Höhe.

Zu Beginn des zweiten Jahrzehnts des Jahrhunderts machte sich wiederum eine allgemeine Krisis bemerkbar, die aber infolge der inneren Lebenskraft des Unternehmens spurlos vorüberging. Gaa hatte inzwischen eine Verkaufsorganisation aufgebaut, die sich über ganz Deutschland ausdehnte und dem Werke die notwendige Grundlage für eine dauernde Beschäftigung gab. Er kannte aber keinen Stillstand, ständig sann er auf Ausdehnung des Wirkungskreises und fand dabei bei seinem großen, von ihm auf das höchste verehrten Vorbild, Dr. Walter Boveri[1]), der ihm gerade vor einem halben Jahr im Tode voranging, volles Verständnis. Es entstand die Zweigfabrik für Elektromotoren in Saarbrücken als Ergänzung des Mannheimer Werkes, das vor allem den Bau großer Maschinen pflegte. Der Ausbau einer bedeutenden Installationsabteilung wurde verwirklicht und im Zusammenhang damit die Kabelfabrikation durch Übernahme der Rheinischen Draht- und Kabelwerke aufgenommen.

So war das Unternehmen durch die nie versagende treibende Kraft Gaas zu imponierender Größe herangewachsen, als der Krieg ausbrach. Die Kriegzeit und die in vielem noch schwerere Zeit nach dem Kriege stellte auch an seine Kräfte die größten Anforderungen. Für ihn, der gewohnt war, sich in Pflichterfüllung bis zum Äußersten auszugeben, mußte es niederdrückend sein, zu sehen, wie nach dem Kriege vielfach das Verantwortungsgefühl gelockert und das Interesse an der Arbeit geschwunden war. Sein Optimismus verließ ihn aber auch jetzt nicht. Er glaubte fest daran, daß wieder Vernunft in die Welt kommen und daß Ordnung und Zucht wieder einkehren müsse und werde. Sein Blick war dabei auch fürderhin vorwärts gerichtet, und er schmiedete neue Pläne, das Unternehmen weiter auszubauen und zu verbreitern. Die Angliederung der Firma Stotz G. m. b. H. in Mannheim und der Gleichrichtergesellschaft G. m. b. H. in Berlin sowie die Errichtung einer Apparatefabrik in Groß-Auheim sind u. a. Ergebnisse dieser Bestrebungen.

Obwohl Gaas Arbeitskraft durch seine berufliche Tätigkeit bereits aufs höchste in Anspruch genommen war, fand er doch noch Zeit, sich in technischen Körperschaften maßgebend zu betätigen. So wirkte er bei der Gründung der Hochschulvereinigung Karlsruhe mit, deren Vorsitzender er war. Ferner war er Vorsitzender des Kuratoriums des Lichttechnischen Instituts an der Technischen Hochschule in Karlsruhe, als welcher er die junge Lichttechnik nach Kräften förderte. Er gehörte weiter dem Kuratorium der Orthopädischen Anstalt der Universität Heidelberg an und hatte Sitz im Aufsichtsrat verschiedener Gesellschaften.

Gaas reger Geist erschöpfte sich aber nicht in beruflicher Tätigkeit. Sein Sinn für das Schöne führte ihn zu einer besonderen Vorliebe für die graphische Kunst. Er besaß eine wertvolle, mit Liebe gepflegte Sammlung alter Kupferstiche und galt in Fachkreisen als tiefer Kenner alter Graphik.

Es ist selbstverständlich, daß einem so arbeitsfreudigen, erfolgreichen Manne auch öffentliche Anerkennung und wissenschaftliche Ehrungen nicht fehlten. Gaa wurde schon frühzeitig in den Vorstand des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker berufen und war stellvertretender Vorsitzender in der Vereinigung von Dampfturbinen-Herstellern. Zu seinem 25jährigen Dienstjubiläum im Jahre 1918 erkannte die Technische Hochschule Karlsruhe seine Verdienste um die Elektrotechnik an, indem sie ihn zum Ehrendoktor ernannte und ihm später auch noch die Würde eines Ehrenbürgers verlieh. Dem Mannheimer Bezirksverein des Vereines deutscher

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1349.

Ingenieure gehörte er seit 1900 an und zählte zu seinen tatkräftigsten Helfern.

Wenn man Gaas Lebenswerk überblickt, so erkennt man überall das Wirken eines starken, schöpferischen Geistes. Er hatte immer klare Ziele vor Augen, die er unter Überwindung aller Widerstände durchzusetzen verstand. Was er geschaffen hatte, das suchte er dauernd bis ins einzelne zu durchdringen, ohne dabei die großen Linien aus dem Auge zu verlieren.

Die Kunst der Menschenbehandlung war ihm im hohen Maß eigen, niemand konnte sich seinem Einfluß entziehen, es sprach aus ihm ein mächtiges Temperament, das mitriß und zum Glauben an ihn und seine Worte zwang. In seltener Weise vereinigten sich in ihm die Eigenschaften des wirtschaftlichen Führers mit denen eines aufrichtig mitfühlenden Menschen; seinen nächsten Mitarbeitern und Untergebenen gegenüber blieb er in allen Anordnungen stets der freundliche Ratgeber und Führer, der in verbindlicher Form zu überzeugen vermochte.

Die neue Zeit mit ihren Auswüchsen aller Art widerstrebte seiner Natur. Die letzten Jahre brachten auch ihm Enttäuschungen, die an ihm nagten. Wenn er aber gesund geblieben wäre, so wäre er über alle Schwierigkeiten hinweggekommen; denn er war nicht der Mann der Resignation, sondern des starken Willens, der sich durchzusetzen gewohnt war.

Dr. R. Boveri.

Mannheimer Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure.

Die Entwicklung der Landmaschinen und die Bedeutung des Prüfwesens dafür.

Zum obigen Thema habe ich als Herausgeber der Zeitschrift „Technik in der Landwirtschaft“ eingehend Stellung genommen[1]). Von den Ausführungen sei nachstehend das Wichtigste im Auszug wiedergegeben:

Das Ziel ist die Entwicklung der Landmaschinen zu höchster Vollkommenheit; hierzu gehört:

1. dauernd technisch einwandfreies Arbeiten,
2. ein Verkaufpreis, der die wirtschaftliche Anwendung in Massen, d. h. für alle in Frage kommenden Landwirte erlaubt, und
3. richtige Anwendung und Behandlung der Maschinen im Gebrauch.

Die Entwicklung brauchbarer Landmaschinen erfolgt unter Umständen, die wesentlich anders und schwieriger sind als auf den übrigen Gebieten des Maschinenbaues. Der entwerfende Ingenieur muß sozusagen mit einem Fuß am Reißbrett und mit dem andern auf dem Acker stehen. Dabei ist die Möglichkeit, praktische Erfahrungen zu sammeln, dadurch erschwert, daß fast alle landwirtschaftlichen Maschinen nur zu bestimmten und oft kurzen Zeiten des Jahres in den ihnen eignen Betrieb gebracht werden können, und daß dies, abgesehen von dieser jährlichen landwirtschaftlichen Zeitspanne, auch stark vom Wetter abhängig ist. Dazu entstehen erheblich größere körperliche und räumliche Schwierigkeiten für diejenigen, die Versuche im Landmaschinenbau anstellen wollen. Der von den Maschinen zu bearbeitende Boden, die Erntemassen und dergl. wechseln sehr stark ihren Zustand. Die wirtschaftlich mögliche jährliche Benutzungsdauer beträgt im allgemeinen nur einige hundert Stunden im Jahr; infolgedessen muß man das in der Maschine festzulegende Anlagekapital auf das äußerste beschränken, um es in wenigen Betriebstunden wirtschaftlich ausnutzen zu können. Schließlich kommt hinzu, daß dauernde Ortveränderungen, Einwirkungen von Wetter, Staub und Schmutz, unausgebildete Bedienung und dergl. die Haltbarkeit und Betriebsicherheit der Landmaschinen sehr erschweren.

Die Entwicklung der Landmaschine ist bisher stark von Amerika beeinflußt worden, weil dort der Mangel an Menschen und die riesigen Flächen die Bestellung und die Einbringung der Ernte außerordentlich erschweren; dagegen ermöglichen die ausgedehnten Futterflächen die billige Aufzucht zahlreicher Pferdemassen. Aus diesem Grunde benutzte Amerika das Pferd im Verein mit der von ihm ausgebildeten Maschine so viel mehr als Europa, daß auf jeden beschäftigten Mann fast viermal soviel Pferde in der Landwirtschaft der Vereinigten Staaten arbeiten wie z. B. in Deutschland. Der Bau von Landmaschinen wird drüben von sehr großen Industriekonzernen wahrgenommen, während unsre Landmaschinenindustrie wesentlich mehr verteilt aufgebaut ist und neben wenigen großen Firmen eine Unzahl von mittleren und kleinen Fabriken umfaßt. Aus diesem Grund ist der Entschluß der deutschen Landmaschinenindustrie zu gemeinsamer Normung und Typung nötig, so sehr bisher auch gerade in diesen Kreisen Abneigung dagegen bestand.

Damit unsre Landmaschinenindustrie trotz ihrer Zersplitterung gegenüber der amerikanischen vorwärts kommt, muß man daher verlangen

a) Ausbau unsrer wissenschaftlichen Forschungsanstalten für die Landmaschine,

b) Schaffung einer Sammelstelle für die praktischen Erfahrungen von Landwirtschaft und Landmaschinenindustrie (zusammenhängend mit a).

[1]) „Techn. i. d. Landwirtschaft“ Bd. 6 (1925) Nr. 3 S. 53 u. f.; vergl. a. Z. Bd. 68 (1924) S. 193.

Stark ist die Kurzsichtigkeit der Regierungen der einzelnen deutschen Staaten zu bemängeln, denen bisher die Pflege des Gebietes obliegt, in der Ausstattung unsrer wissenschaftlichen Forschungsanstalten für Landmaschinen, deren Zustand sowohl nach Einrichtung wie nach Betriebsmitteln zurzeit trotz hervorragender wissenschaftlicher Kräfte gänzlich unzureichend ist. Eine einmalige Aufwendung von etwa je einer Million Mark für die 8 bis 10 bestehenden Institute für den Ausbau und etwa je 100 000 ℳ jährlich an Betriebsmitteln sind erforderlich. Eine durchgreifende Technisierung der deutschen Landwirtschaft ist Voraussetzung für die wegen unsrer Zahlungsbilanz unumgänglich nötige Hebung der landwirtschaftlichen Erzeugung um 2 bis 3 Milliarden Mark jährlich. Die Landwirtschaft ist bei einem Jahreswert ihrer Ernten von etwa 16 Milliarden Mark in der Lage, mit nur 2,5 vH dieser Erntesumme für etwa 400 Millionen Mark technische Einrichtungen jährlich zu kaufen und dadurch einen Hauptanstoß für die Kräftigung unsres Innenmarktes zu geben.

Eine geeignete Sammelstelle für die praktischen Erfahrungen würde die Geräteabteilung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft werden können, die dazu allerdings wesentlich ausgebaut werden müßte, zumal man dem Anteil, den heute in der DLG das Maschinenwesen im Verhältnis zu ihrer gesamten Arbeitsleistung einnimmt, nicht mehr anmerkt, daß der große Gründer der DLG, Max Eyth, auch ein großer Ingenieur war, dem gerade das Arbeitsgebiet der Landmaschine besonders am Herzen lag.

Der Ausbau der wissenschaftlichen Forschungsanstalten für den Landmaschinenbau an unsern Hochschulen wird dann auch eine wesentliche Ausdehnung und Verbesserung des Prüfwesens ermöglichen, das in der Landwirtschaft nötiger als in den übrigen Gebieten des Maschinenbaues ist, da es sich hierbei um viele tausende gleichartiger Geräte und eine durchschnittlich in technischer Beziehung äußerst urteilsunfähige Käuferschaft handelt.

Die von der Landwirtschaft verlangte Einführung einer Anerkennung landwirtschaftlicher Maschinen stößt zurzeit noch auf erhebliche Schwierigkeiten, da sich bei den heute beschränkten Mitteln unsrer Prüfanstalten gewissenhafte Prüfer nur schwer zu endgültigen Urteilen über Leben oder Tod einer Landmaschinenbauart entschließen dürften. Vor Regelung dieser Frage müssen daher zunächst die andern angezogenen Punkte erledigt werden.

Die Bedeutung eines wirtschaftlichen, d. h. möglichst tiefliegenden und doch einen angemessenen Verdienst für den Hersteller gewährenden Verkaufpreise ist die unerläßliche Vorbedingung für den nötigen Massenabsatz von Landmaschinen, ohne den die Steigerung unsrer Erzeugung ausgeschlossen ist. Eine Million von den fünf Millionen deutscher Landwirte bewirtschaften 80 vH des deutschen Ackerbodens, und der größte Teil dieser einen Million, technisch noch erheblich rückständig, kommt als Massenkäufer für die richtigen Landmaschinen in Frage. Kein Gebiet des deutschen Maschinenbaues bietet so sichere Aussichten auf wirklichen Massenabsatz, wenn die Vorbedingungen geregelt sind, und kein Gebiet der Volkswirtschaft gewährt so große Möglichkeiten der Steigerung der Produktion auf den Kopf des Arbeiters wie die Landwirtschaft.

Zwei weitere Hemmnisse sind dabei noch zu überwinden: Einmal der Mangel an richtig ausgebildeten Landingenieuren und dann das Fehlen technischen Sinnes in unsrer Landwirtschaft, ohne den auf die Dauer die richtige Einsetzung und Behandlung der technischen Hilfsmittel nicht durchführbar ist.

Berlin. [N 409] E. Zander.

R U N D S C H A U.

Technische Tagungen.

Die Kohlentagung in Essen des Gauverbandes Rheinland-Westfalen im Verein deutscher Ingenieure.

Die Kohlentagung in Essen, die vom 25. bis 27. April 1925 stattfand, war ein voller Erfolg. Etwa 1200 Anmeldungen lagen vor, die Räumlichkeiten, die zur Verfügung standen, faßten kaum die Zahl der Teilnehmer. Alles in allem bot aber die Tagung ein vortreffliches Bild von dem Wirken der Bezirksvereine des V. d. I. in Rheinland und Westfalen, die sich im Gauverband zusammengeschlossen haben und die auch zeigen, wie sie im engen Einvernehmen mit anderen Vereinen und wirtschaftlichen Gruppen arbeiten können. So war der Gauverband mit dem Verein für die bergbaulichen Interessen in Essen, mit dem Ruhrkohlensyndikat, dem Verein der Gas-, Wasser- und Elektrizitäts-Fachmänner Rheinlands und Westfalens und dem Dampfkesselüberwachungsverein für die Zechen im Oberbergamtsbezirk Dortmund in Essen zusammengegangen, um diese bemerkenswerte Tagung zu veranstalten. Sie stand ganz im Zeichen der Nöte, die den Kohlenbergbau bewegen, nämlich durch ein starkes Zusammenwirken aller technischen Fachgruppen sich im Sinn einer möglichst erschöpfenden Ausnutzung der Kohlen und ihrer Förderung zu betätigen. Vor allem kommt aber auch dazu, daß man in wirtschaftlicher Weise fördert und daß man alles tut, was dem Betrieb nützlich und ungefährlich ist.

Die Tagung wurde eröffnet von Direktor L w o w s k i von den Stinneszechen mit einer ausgezeichneten Ansprache, in der er auf das Zusammenwirken der verschiedenen Ingenieurgruppen hinwies, und vor allem auch der stärkeren Verbindung zwischen Bergbau- und Maschinen-Wissenschaft das Wort redete.

Dann folgte der Vortrag von Professor Dr.-Ing. **Herbst**, Essen: „Der heutige Stand der m a s c h i n e l l e n K o h l e n g e w i n n u n g in technischer und wirtschaftlicher Beziehung". Die maschinelle Gewinnung im Betriebe steht heute im Vordergrund, wobei geologische Kenntnisse und maschinelle Arbeiten planmäßig zusammenwirken. Besonders einleuchtend ist auch die allgemeine Bemerkung, die Herbst über die Stellung der Maschine im Bergbau machte.

Ihm folgte Professor Dr.-Ing. **Philippi**, Charlottenburg, mit einem Vortrag: „Der e l e k t r i s c h e A n t r i e b beim Abbau in Schlagwettergruben". Er behandelte das gesamte Gebiet des Eindringens der Elektrotechnik in den Steinkohlenbergbau, eine Frage, die heute im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes und auf die Schlagwettergefahren von Bedeutung ist.

Weiterhin sprach Professor Dr.-Ing. G r o ß, Breslau, über „Steinkohlenaufbereitung auf Grund physikalischer Eigenschaften ihrer Gemengteile, dargestellt nach dem gegenwärtigen Stand der Technik". Dieses wichtige Gebiet des Aufbereitungsverfahrens findet im Steinkohlenbergbau immer größere Bedeutung und dürfte Grundlagen schaffen, welche die Bewertung der Steinkohle nach physikalischen und chemischen Gesichtspunkten herbeiführen. Dieser Vortrag war nicht nur von technischem, sondern auch von hervorragendem wirtschaftlichen Wert, zumal auch die Aufbereitung der Kohle für das weitere Veredelungsverfahren eine große Rolle spielt.

Der zweite Tag war den chemischen und feuerungstechnischen Vorträgen gewidmet. Direktor C a n t i e n y[1]), Berlin, sprach über das Thema „Der heutige Stand der S t e i n k o h l e n s c h w e l u n g in Deutschland", wobei die Erzeugung der festen Halbkoks im Vordergrunde stand. Er äußerte sich vor allem eingehend über die Tieftemperatur-Behandlung und wies auf die neuen Wege hin, die die Zeche Mathias Stinnes I/II bei ihren großen Schwelanlagen gegangen ist.

Eine Frage von besonderer Bedeutung behandelte Generaldirektor Dr. B e r g i u s, Heidelberg, in der V e r f l ü s s i g u n g d e r K o h l e. Dieser Vortrag gab dem Ingenieur ein Bild von dem heutigen Stande des Verfahrens und seinen Aussichten nicht nur in technischer, sondern vor allem auch in voll ausgebildeter wirtschaftlicher Beziehung. Die Wichtigkeit dieser Frage ist außerordentlich groß. In der Aussprache über diese Vorträge verteidigte besonders Direktor Dr.-Ing. R o s e r, Mülheim, den Drehofen, während Bergassessor B a t t i g eine Reihe wirtschaftlicher Fragen aufwarf.

Der letzte Vortrag von Direktor Dipl.-Ing. S c h u l t e, Essen, über „Neuere Erkenntnisse in der F e u e r u n g s t e c h n i k" brachte die neuesten Ansichten und Erfahrungen über den Feuerungsvorgang nach der physikalischen und chemischen Seite hin. Dieser Vortrag bot wichtige neue Feststellungen und regte sehr an zur wissenschaftlich genauen Durchdringung der Dampfkessel- und Feuerungstechnik.

An dem Begrüßungsabend sprach neben Direktor L w o w s k i Oberbürgermeister B r a c h t über die großen Leistungen des Vereines deutscher Ingenieure. Am zweiten Tag begrüßte Professor M a t s c h o ß im Namen des Hauptvereins die Teilnehmer, während beim Festessen besonders die Rede des R e i c h s k a n z l e r s, Dr. L u t h e r, bemerkenswert ist, der die große Bedeutung von Technik und Wirtschaft hervorhob, die in gegenseitiger Wechselwirkung mit dem Steinkohlenbergbau verknüpft sind.

Essen. [N 505] Dr.-Ing. R e i s n e r.

[1]) Der erste Teil des Vortrages ist in dem Fachheft „Entgasen und Vergasen" veröffentlicht, vergl. Z. B. 69 (1925) S. 517. Die übrigen auf der Kohlentagung gehaltenen Vorträge werden später in der Zeitschrift veröffentlicht werden.

Verein Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten (E. V.)

Am 11., 12. und 13. März 1925 hielt der Verein Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten im Meistersaal in Berlin seine 48. ordentliche H a u p t v e r s a m m l u n g ab. Der langjährige Vorsitzende, Dr. M ü l l e r, Kalkberge, leitete die Verhandlungen ein mit einem Hinweis darauf, daß nach Krieg und Inflation neues wissenschaftliches Leben sich rege und längst als abgegrast geltende Gebiete von der Forschungsarbeit wieder neu in Angriff genommen würden. Dieser erfreulichen Erscheinung wolle auch der Verein durch Erweiterung seines Zementlaboratoriums und Herausgabe neuer Mitteilungen vom Laboratorium und Vorstand Rechnung tragen. Weiter gab Dr. Müller einen Überblich über die wirtschaftliche Entwicklung der Zementindustrie im Jahre 1924, das gut begonnen, zwar nicht gehalten, was es versprochen hätte, dessen Abschluß immerhin gestattet hätte, in das Jahr 1925 mit besseren Hoffnungen zu gehen.

Aus den zahlreichen Berichten, Vorträgen und Äußerungen in der Aussprache sei im folgenden das Hauptsächlichste hervorgehoben.

Über die Arbeiten des Ausschusses zur Nachprüfung der N o r m e n berichtete Dr. P r ü s s i n g, Nienburg a. S., daß die Vorlage eines neuen Normenentwurfes zurzeit verfrüht erscheine und daß besser erst die Ergebnisse der Prüfungen abgewartet werden sollten. Als Mindestfestigkeiten für hochwertigen Portlandzement seien 250 kg/cm² nach 3 Tagen, 450 kg/cm² nach 28 Tagen festgesetzt. In der Aussprache wurde darauf hingewiesen, daß wegen des großen Einflusses der Temperaturverschiedenheiten auf die Erhärtung Festigkeitszahlen ohne Temperaturangaben von geringem Werte seien. Weiter wurde gewünscht, daß, da die Entscheidung der Wirtschaft über die Festsetzung von Festigkeitszahlen nicht leicht sei, die Zementindustrie zu den im Entwurf des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton aufzunehmenden Festigkeitszahlen in stärkerem Maße gehört werde.

Der Vorstand des Vereinslaboratoriums in Karlshorst, Dr. H ä g e r m a n n, teilte sodann in seinem Bericht über die L a b o r a t o r i u m s t ä t i g k e i t die Ergebnisse der allgemeinen Zementprüfung und der Erledigung der Prüfungsaufträge mit. Der Siebrückstand der untersuchten Zemente hat sich im verflossenen Jahr als geringer erwiesen als im Vorjahre, die spezifischen Gewichte seien seit zehn Jahren die gleichen geblieben, dagegen haben die Festigkeiten der normenmäßigen Zemente eine Erhöhung erfahren, besonders im Wasser. Etwa 78 vH aller Werke sind imstande, Zement mit 350 kg/cm² nach 28 Tagen herzustellen. Mit der Herstellung von hochwertigem Zement beschäftigen sich 15 Werke; einige haben die Fabrikation wieder eingestellt, einige sind neu hinzugekommen. Mit diesem Zement werden Festigkeiten von 400 kg/cm² nach drei Tagen, in einzelnen Fällen bis 700 kg/cm² erreicht. Der Berichterstatter stellte Vorschläge für Erhöhung der Anfangsfestigkeiten in Aussicht. Das Schmelzen der Portlandzementklinker scheine für hochwertige Zemente nicht das wesentliche zu sein, sondern starkes Sintern. Vermehrte Aufmerksamkeit müsse bei hochwertigen Zementen den Betonzuschlagstoffen gewidmet werden, die ebenfalls hochwertiger sein müßten. Die Versuche mit hochwertigem Portlandzement sollten dahin gehen, festzustellen, ob mit hochwertigem Zement entsprechend seinem höheren Preis auch ein höherer Nutzen zu erzielen ist.

In der Aussprache wurde hervorgehoben, daß das Abnehmen des Unterschiedes zwischen den Festigkeiten bei Luftlagerung und bei gemischter Lagerung nicht nur auf Luftfeuchtigkeit, sondern auch auf Mahlfeinheit zurückzuführen sei, und daß die Siebprobe, wie sie heute ausgeführt werde, nicht mehr berechtigt sei. Um die Struktur des Zementes zutreffend erkennen zu können, müsse man statt des 5000- oder gar 9000-Maschen-Siebes das 10 000-Maschen-Sieb heranziehen. Dagegen wurde bezweifelt, daß sich Siebe für die Lösung der Feinheitsfrage technisch überhaupt herstellen lassen. Nicht so sehr Luftfeuchtigkeit oder

Mehlfeinheit seien ausschlaggebend, sondern das Ansteigen des Kalkgehaltes. Die weitere Erörterung drehte sich um die Frage, ob es überhaupt richtig sei, Normensand für die Prüfung von hochwertigen Portlandzementen zu verwenden, oder ob besser Sandmehl hinzuzusetzen sei, ferner um die große Rolle, die die Hohlräume der Zuschlagstoffe spielen. Bei falscher Mischung der Korngrößen seien schon Festigkeitsunterschiede von weit über 100 vH zu verzeichnen.

Einen großen Raum nahmen die Mitteilungen über die amerikanische Zementindustrie und Zementforschung ein. Dr. Müller, Kalkberge, berichtete über die Teilnahme der Vertreter des Vereines an der Jahrhundertfeier zum Gedächtnis der Erfindung des Portlandzementes in Chicago und brachte mit einer Reihe von Lichtbildern viel Bemerkenswertes aus den Vereinigten Staaten. Baurat Dr.-Ing. Riepert, Charlottenburg, ergänzte diese Mitteilungen und vertiefte sie hinsichtlich der wirtschaftlichen Entwicklung. In sehr anregender Weise gab der Vortragende ein Bild der Tätigkeit der Portland Cement Association der Vereinigten Staaten, deren Ziel es ist, das Wissen und die Zweckmäßigkeit und den Verbrauch von Portlandzement durch wissenschaftliche Untersuchungen, Erziehung der Öffentlichkeit und vereinte Werbung zu fördern, wobei wissenschaftliche Institute stark unterstützt werden. Dr. Riepert ging dann auf die Herstellung und die Preisbildung sowie auf die Folgen der kriegswirtschaftlichen Staatsaufsicht für die Struktur der amerikanischen Zementindustrie (Aufsaugen ungesunder Betriebe durch Konzerne) ein und gab eine Übersicht über die Leistungsfähigkeit der amerikanischen Zementindustrie und über die Ausfuhr, die seit 1910 die Einfuhr so gut wie verdrängt und sich seitdem mächtig entwickelt hat. Er schloß mit dem Hinweis auf die Notwendigkeit, in Deutschland den Zementverbrauch auf den Kopf zu steigern, da Zement einen Hauptteil der Wirtschaft ausmache und deshalb die gesamte Wirtschaft daran Anteil habe. Dr. Haegermann schilderte die große Entwicklung der mit bedeutenden Mitteln arbeitenden Zementforschungstätigkeit in den Vereinigten Staaten sowie die Prüfverfahren.

Die wissenschaftlich wertvollste aller Darbietungen war zweifellos der Vortrag mit Lichtbildern über „Anwendung von Röntgenstrahlen in der Zementforschung" von Prof. Nacken, Frankfurt, dessen Bericht über seine Arbeiten zur Aufsuchung der für die hydraulischen Eigenschaften des Zementes maßgebenden Verbindungen schon im Vorjahre ganz besondere Beachtung gefunden hatte. Nacken zeigte, wie sich die Anwendung von Röntgenstrahlen, mit der in der Metallkunde schon gearbeitet wird, als ein Verfahren erweist, das, ohne übermäßig hohe Mittel zu erfordern, bereits umfangreiches Tatsachenmaterial zutage gefördert hat und geeignet ist, Deutschland in den Stand zu setzen, den Vorsprung, den die reichen Länder errungen haben, wieder einzuholen.

Auf besonderer Höhe bewegten sich auch die Ausführungen des Leiters des Zementtechnischen Institutes der Technischen Hochschule Berlin, Dr. Kühl, Lichterfelde, über „Fragen der Zementprüfung". Der Vortragende beschäftigte sich mit den Möglichkeiten der Zementprüfung außerhalb der Normen in bezug auf wichtige Eigenschaften des Zementes, die durch die Normenvorschrift nicht erfaßt sind, insbesondere mit der Feststellung der Mahlfeinheit durch Absorption mit Hilfe der Radioaktivität, mit der Prüfung auf mechanische Abnutzbarkeit, mit Verbesserung der für feinere Forschung nicht ausreichenden Verfahren, die Abbindezeit und die Raumbeständigkeit zu bestimmen, schließlich mit der Normensandfrage.

Mit den genannten Vorträgen war das reiche Programm der Tagung noch nicht erschöpft. Es wurden weiter noch behandelt: Die Petrographie des neuzeitlichen Zementklinkers auf Grund von Studien des Brandes und der Sinterung durch Anwendung des Polarisationsmikroskopes, die Verwendung von Ölschiefer in Schweden, Neuerungen in der Zementindustrie in den letzten zehn Jahren, technische Neuerungen und Zementformeln.

Die gesamte Veranstaltung gab Zeugnis von dem energischen Streben der deutschen Zementindustrie, namentlich auch auf dem Gebiete der Forschungsarbeit ihre frühere führende Stellung wiederzugewinnen. [N 428] Bu.

Aus der Technik der Kalkindustrie.

Der Fachausschuß Industriekalk des Vereines Deutscher Kalkwerke E. V. hielt am 18. März in Frankfurt a. M. eine öffentliche Tagung ab. Prof. Dr. Kohlschütter, Bern, hielt einen Vortrag, worin die neueren Anschauungen über die

Vorgänge beim Ablöschen und Abbinden des Kalkes

behandelt wurden. Er ging davon aus, daß die reine Chemie und die klassische physikalische Chemie das Wesen, die auffallenden Eigenschaften des Kalkes, auf denen seine Jahrtausende alte Verwendung als Mörtelbildner beruht, nicht zu deuten vermögen, weil sie nichts über die Form der Stoffe aussagen. Die chemische Gleichung für den Löschprozeß $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$ (Kalziumoxyd + Wasser = Kalziumhydroxyd) vermag über die typischen Eigenschaften des Endstoffes, sei es Löschkalk in Pulverform, Kalkbrei oder Kalkmilch, keinen Aufschluß zu geben.

Das beim Brennen von Kalkstein entstehende Kalziumoxyd ist ein disperser Körper. Das Kristallgitter, das sich aus dem Beugungsbild durch Röntgenstrahlen herstellen läßt, wird durch den Austritt der Kohlensäure zerstört; das übrigbleibende Kalziumoxyd läßt sich wohl in Würfelform ordnen, findet aber nicht Zeit zum Auskristallisieren, sondern bleibt amorph, füllt aber den gesamten Raum des Kalksteines aus, so daß ein poröser Stoff entsteht. Die Kalziumoxyd-Moleküle lagern sich hierbei zu Gruppen verschiedener Größen- und Stabilitätsordnung zusammen. Weder kristallisiertes Kalziumoxyd noch kristallisiertes Hydroxyd, sondern nur Oxydarten, die aus andern Verbindungen ähnlich wie der Kalk aus Karbonat erzeugt werden, geben mit Wasser so eigentümliche Stoffe wie den „Kalkbrei", den Grundstoff des gewöhnlichen Kalkmörtels oder die „Kalkmilch". Das Totbrennen des Kalkes wäre hiernach durch eine Zusammenballung der Molekülgruppen, also durch eine Vergröberung der Dispersität zu erklären. Bei Verwendung verschiedener Bildungsformen von Kalziumoxyd und sonstiger Änderung der Bedingungen läßt sich sowohl mit Hilfe kalorimetrischer, viscosimetrischer und andrer Messungen als auch durch die mikroskopische Beobachtung zeigen, daß die verschiedenen Erscheinungen, die bei der Wassereinwirkung auftreten, Äußerungen von Eigenschaften sind, die man bestimmten Gefügebestandteilen zuordnen muß. Hierdurch ergibt sich ein Bild von der Natur des Kalkes, bei dem die chemische und physikalisch-chemische Betrachtungsweise nicht ausgeschaltet ist, das ihn aber vor allem in die Zusammenhänge der Lehre von den dispersen Zuständen, die Kolloid- oder Kapillarchemie, stellt, wofür als Beweis noch das Verhalten von Kalkmilch gegen Elektrolyten angeführt wird. Die besonderen Eigenschaften des Kalkes sind nicht von der Stoffart bestimmt, sondern gehen aus einer besonderen Vereinigung chemischer, physikalischer und morphologischer Umstände hervor. Durch diese Anschauung werden zahlreiche empirische Einzelheiten im Verhalten des Kalkes beim Ablöschen und auch beim Abbindungsvorgang verständlich. Da es laboratoriumsmäßig gelungen ist, Kalk unter Ausschluß von Kohlensäure zum Abbinden zu bringen, glaubt der Vortragende den Erhärtungsvorgang im Einklang mit seinen Ausführungen in einer Zusammenballung der Molekülgruppen an Kristallflächen zu erblicken, die durch die Bildung von Kalziumkarbonatkristallen durch Einwirkung von Luftkohlensäure gefördert und verfestigt wird. Der Kalk selbst aber liefert mit seinem einfachen Stoffbestand und abwechslungsvollen Verhalten allein mit Wasser ein Beispiel dafür, wie sich die Natur der Verteilungsform bedient, um mit geringem Aufwand an Stoffarten mannigfaltige Wirkungen hervorzubringen.

Prof. Dr. Roth führte in seinem Vortrage

Kalk und chemische Industrie

aus, daß die chemische Großindustrie sich auf einer nicht sehr großen Zahl von Rohstoffen aufbaut, von denen manche als volkstümlich anzusprechen sind, weil von ihnen in Zeitungen und Statistiken fortlaufend die Rede ist. Dazu gehören z. B. Kohle und Schwefelsäure. Von andern, ebenso wichtigen wird wenig mitgeteilt, obwohl sie ebenso notwendig sind. Zu diesen zählen das Steinsalz und der Kalk, die man sich ebensowenig aus der chemischen Großindustrie wegdenken kann wie Kohle und Schwefelsäure.

Beim Kalk liegen die Verhältnisse eigenartig, da er in der Natur in einer, allerdings recht verschiedenartigen Form, als kohlensaurer Kalk, vorkommt, von der Industrie aber in drei verschiedenen Formen verbraucht wird, als kohlensaurer, als gebrannter und als gelöschter Kalk, von denen der gebrannte die wichtigste Form ist, in die der natürliche Kalkstein bekanntlich leicht, aber unter Aufwendung einer nicht unerheblichen Energiemenge, überzuführen ist.

Die chemische Verwendung des Kalkes kann in den allermeisten Fällen auf die einfache Formel gebracht werden: Kalk ist die billigste Base und zwar eine starke Base. Handelt es sich darum, eine schwache Base, wie Ammoniak, aus ihren Salzen freizumachen, eine Säure billig zu neutralisieren, Kieselsäure, die dem Erz als Gangart beigemischt ist, zu binden, wie in so vielen metallurgischen Vorgängen, oder einen gasförmigen Stoff, der mit Wasser Säuren bildet, wie Chlor, unschädlich zu machen, stets wird man, wenn irgend möglich, Kalk verwenden. Stoffe, die scheinbar gar keine sauren Eigenschaften haben, wie Zucker, liefern mit Kalk Salze, so daß man Kalk zur Gewinnung des wertvollen Stoffes aus Mutterlaugen benutzen kann. Als man anfing, Salpetersäure in großem Maße künstlich herzustellen, wandelte man sie, da sie in reiner Form nicht befördert werden konnte, in ihr Kalksalz um. Große Industrien, wie die gesamte Baustoff- und die Glasindustrie, liefern in größtem Maßstab unmittelbar verwendbare, hochwertige Kalksalze.

In einigen selteneren Fällen sind es besondere Eigenschaften des Kalziums, die man technisch nutzbar macht, wo also der Kalk nicht den billigsten, sondern den einzig möglichen Stoff darstellt, das ist z. B. in der Karbid- und der Kalkstickstoffindustrie der Fall, die uns auf dem Umweg über Kalkverbindungen das Azetylen und eine Reihe von wertvollen Stickstoffdüngern liefern.

Reine Essigsäure, Ätzalkalien, Zellulose werden ausschließlich oder zum großen Teil mit Hilfe von Kalk dargestellt, so daß der unscheinbare Kalk für viele Erzeugnisse der anorganischen und organischen Großindustrie und damit für unser tägliches Leben, unseren Kulturstand unentbehrlich ist.

Besonders bemerkenswert waren die Ausführungen von Dr. Heinrich über die

Gewinnung künstlicher Magnesia aus Dolomit.

Das Verfahren verdient um so mehr Beachtung, als es ermöglicht, Magnesia, die bisher aus dem Ausland bezogen werden mußte, in Deutschland herzustellen. Zwar werden in Schlesien auch Magnesiavorkommen ausgebeutet, die jedoch infolge der geringen Mengen nicht für eine ausreichende Versorgung der Magnesia verbrauchenden Industrie in Frage kommen. Für die Gewinnung künstlicher Magnesia kommen die Chlormagnesiumlaugen der Kaliindustrie, sowie der Dolomit in Betracht. Den erstgenannten Ausgangstoff, die Chlormagnesiumlaugen, sogenannte Endlaugen der Kaliindustrie, benutzen zahlreiche in der Patentliteratur beschriebene Verfahren. Für die Kaliindustrie ist die Verwertung dieser lästigen Abfallaugen von großer Bedeutung; die Endlaugenmagnesia wird aber nur an wenigen Stellen hergestellt. Für die Gewinnung künstlicher Magnesia aus Dolomit enthält die Patentliteratur ebenfalls zahlreiche Vorschläge. Die Verfahren beruhen entweder auf einer Umsetzung mit Magnesiasalzen, oder man löst Dolomit in Säuren und scheidet dann Magnesia aus, oder löst den Kalk als Saccharat aus. Alle diese Verfahren konnten sich aber nicht durchsetzen. Eine weitere Gruppe von Verfahren löst die Magnesia als saure oder Doppelsalze aus. Hierher gehören das alte Pattinson-Verfahren, sowie das heute von den Rheinisch-Westfälischen Kalkwerken in Dornap in einer Versuchsanlage ausgeübte Verfahren von Hambloch und Gelleri (DRP 280 738). Die Anlage, deren Errichtung insbesondere der zähen Ausdauer des einen der beiden Erfinder, Dr.-Ing. eh. Hambloch und des verdienstvollen Leiters der Rheinisch-Westfälischen Kalkwerke, Dr.-Ing. eh. H. Schlüter, sowie der wissenschaftlichen Mitarbeit von Dr. G. Metzges, Bonn, zu verdanken ist, stellt heute an jedem Arbeitstag etwa 1200 kg Magnesia usta von durchaus befriedigender Reinheit dar. Die Selbstkosten dieser künstlichen Magnesia gestatten freilich noch keinen Wettbewerb mit dem heute für rd. 120 ℳ/t frei Werk gelieferten natürlichen Veitschen Sintermagnesit. Eine Herstellung feuerfester Steine aus künstlicher Magnesia ist somit, obwohl die technische Möglichkeit durch Versuche von Harr erwiesen ist, aus wirtschaftlichen Gründen bis jetzt nicht möglich. In all den Fällen aber, wo gereinigte Magnesia alba oder Magnesia usta gebraucht werden, ist das neue Erzeugnis sowohl hinsichtlich des Preises als auch wegen seiner vorzüglichen Eigenschaften sehr wohl wettbewerbfähig. [N 361]

Frankfurt a. M. Dr.-Ing. H. Nitzsche.

Eisenbahnwesen.

Versuche mit Ljungströms Turbinenlokomotive.

Die Ljungströmsche Turbinenlokomotive wurde bisher nicht nur zur Beförderung der fahrplanmäßigen Expreßzüge Gotenburg-Stockholm bzw. Hallsberg-Stockholm[1]), sondern auch als Güterzuglokomotive benutzt, wobei sie Züge von über 700 t Wagengewicht zog. Außerdem arbeitete sie im Verschiebedienst auf dem Bahnhof, um ihre leichte Beweglichkeit zu beweisen. Sie hat auf diese Weise im regelmäßigen Betriebe bereits mehr als 17 000 km oder etwa 5 Mill. tkm zurückgelegt. Trotz derartig verschiedener Beanspruchung hat die Lokomotive in allen Fällen die Proben in durchweg zufriedenstellender Weise bestanden.

Dadurch, daß man vor dem Bau der ersten Turbinenlokomotive auf einem eigens dafür eingerichteten Prüfstand, Abb. 1, sorgfältige Versuche anstellte, war gleich die erste Turbinenlokomotive nach Ljungströms Bauart ein fertiges Erzeugnis, das auf den Weltmarkt gebracht werden konnte. Die alsdann im Betriebe mit der ersten Turbinenlokomotive gewonnenen Erfahrungen kamen unmittelbar den jetzt im Bau befindlichen vier Turbinenlokomotiven für argentinische, englische und schwedische Eisenbahnen zugute. Die größte der entworfenen Lokomotiven zeigt Abb. 2.

Als Beweis für das Vertrauen, das die Sachverständigen verschiedener Länder dieser Lokomotive entgegenbringen, sei erwähnt, daß die wohlbekannten Lokomotivbaufirmen Beyer, Peacock & Co., Manchester, und Nydqvist & Holm A.-B., Trollhättan, die Bauerlaubnis für das Britische Reich bzw. für Skandinavien für diese Lokomotive erworben haben; außerdem haben Studiengesellschaften aus andern Ländern die Lokomotive eingehend geprüft.

Ljungströms Turbinenlokomotive erzielte bereits auf ihren ersten Probefahrten während des Jahres 1921 die in Zahlentaf 1 wiedergegebenen Ergebnisse.

Bei der Ermittlung des wirtschaftlichen Gewinnes, der durch die Einführung von Turbinenlokomotiven entsteht, muß man jedoch noch viele Größen berücksichtigen, deren Betrag bisher nicht festgestellt werden konnte. In der Herstellung z. B. ist eine Turbinenlokomotive erheblich teurer als eine gewöhnliche Lokomotive. Eine genaue Wirtschaftlichkeitsberechnung der Tur-

[1]) Vergl. Z. Bd. 66 (1922) S. 1060 und Z. Bd. 68 (1924) S. 1004.

Abb. 1. Versuchstand der Firma Ljungström

Zahlentafel 1. Ergebnisse von Versuchsfahrten mit Ljungströms Turbinenlokomotive.

	Fahrt I am 13. Oktob. 1921	Fahrt II am 14. Oktob. 1921
Achsenzahl des Zuges	50	48
Zahl der Drehgestellwagen	12	12
„ „ Inspektionswagen	1	—
Wagengewicht . . . . . t	377,4	364,4
Zuggewicht . . . . . . „	505	492
Aufenthalt	Tureberg	Keiner
Fahrzeit ausschl. des Aufenthaltes . . . . . min	55,5	54,5
Mittlere Geschwindigkeit km/h	66	67
Kohlenverbrauch, insges. kg	373	422
„ kg/1000 tkm	12,1	14,1
Witterung	Ruhig, halbklar	Starker Seitenwind, Sprühregen, schlüpfrig

Abb. 2. Für die Southern-Pacific-Bahn entworfene Ljungströmlokomotive.

Hauptkenngrößen:

Laufrad-Dmr. . . . . 1600 mm
Dampfüberdruck . . . . 20 at
Gesamtheizfläche . . . . . 271 m²
Überhitzerheizfläche . . . . 160 m²
Reibungsgewicht . . . . . 135 t
Gesamtgewicht . . . . . . 260 t
Kühlfläche des Kondensators 3120 m²
Höchstgeschwindigkeit . . . 100 km/h
Zugkraft . . . . 40,5 t
Dauerleistung . . . . 3450 PS_e

binenlokomotive läßt sich erst dann aufstellen, wenn man unter Zugrundelegung einer bestimmten Lieferungsmenge ihren Anschaffungswert ermitteln kann, und wenn man gleichzeitig einen genauen Überblick über die im Betrieb entstehenden Ausbesserkosten und die Gebrauchsdauer haben wird. [M 286]

Schiffs- und Seewesen.

Doppelschrauben-Schlepp- und Bergungsdampfer „Antonio Ennes".

Vor einiger Zeit lieferte die Werft Stocks & Kolbe, Kiel, die durch viele für das In- und Ausland gelieferte Sonderschiffe bekannt geworden ist, den Schlepp- und Bergungsdampfer „Antonio Ennes" für die Hafenverwaltung von Laurenço Marques in Portugiesisch-Ostafrika ab, Abb. 3 bis 7. Schon auf der Ausreise hatte das Schiff schwere Stürme in der Nordsee durchzumachen, die aber glänzend von ihm überstanden wurden und somit der Werft das Zeugnis für den gelungenen Bau ausstellten.

Wegen des Dienstes in den Tropen und Kolonien für ein von einer halb staatlichen Verwaltung bewirtschaftetes Schiff waren beim Entwurf und Bau eine Reihe besonderer Wünsche zu beachten. Die Hauptabmessungen des Schiffes sind:

Länge über alles rd.	48,67 m
Länge zwischen den Loten	45,72 „
Breite auf Spanten	8,84 „
Seitenhöhe	4,57 „
Tiefgang beladen mit 210 t	3,8 „
Verdrängung dabei	955 m³
Raumgehalt	509,37 B.-R.-T. bezw. 170,35 N.-R.-T.

Schiffskörper, Maschinen- und Kesselanlage sind nach den Vorschriften des Germanischen Lloyd für die höchste Klasse gebaut, während für die Einrichtung und Ausrüstung die Vorschriften der Seeberufsgenossenschaft bestimmend waren. Der stählerne Schiffskörper ist durch fünf wasserdichte Querschotte unterteilt. Auch die Quer- und Längsbunkerwände sind wasserdicht ausgeführt worden und mit Schottschiebern versehen, die vom Deck und vom Kesselraum aus verstellt werden können. Acht Kohlenschütten führen vom obersten Deck nach den Bunkern. Ihr Gesamtinhalt beträgt 210 t.

Bemerkenswert ist der im Vorschiff liegende Laderaum, Abb. 4 bis 7, der gleichzeitig zur Unterbringung der zahlreichen Bergungsgeräte eingerichtet ist. Er bietet noch Raum genug für alle möglichen Dinge zur Versorgung der Küstenstationen. Für die Aufnahme des Ballast-, Trink- und Kesselspeisewassers dienen Vor- und Achterpiek, ein Doppelboden unter der Maschine, Zellen zwischen den Wellenleitungen und im Laderaum. Insgesamt fassen die Ballastzellen 57,5 t, Trink- und Kesselspeisewasserzellen 58 t.

Das von vorn bis hinten durchlaufende Hauptdeck, die lange als Brückendeck durchgeführte Back, ferner alle sonstigen an Deck befindlichen Aufbauten bestehen aus Teakholz. Unter der Back liegen die Räume der farbigen Heizer und Matrosen, dahinter das für die europäische Schiffsbesatzung. Für die Räume der Offiziere ist ein besonderer Eingang vom Oberdeck aus vorgesehen. Die Kammern der Ingenieure liegen im Hinterschiff unter dem Hauptdeck. Für die Wirtschaftsräume, Bäder und Aborte sind die Seitenhäuser neben dem Kesselschacht ausgenutzt. Die Küche für die zahlreiche Mannschaft ist, wie auf derartigen Schiffen üblich, zwischen Maschinen- und Kesselschacht eingebaut. Besonderer Wert ist auf luftige und geräumige Wohnräume gelegt worden, sie haben durchweg natürliche und künstliche Lüftung. Im Deckhaus auf dem obersten Deck liegen die Kammern des Kapitäns, die Funkstation und das Kartenhaus.

Abb. 3. Doppelschrauben-Schlepp- und Bergungsdampfer „Antonio-Ennes".

Auf besonderen Wunsch wurde die für Hand- und Dampfbetrieb eingerichtete Steuermaschine im Maschinenraum untergebracht. Sie wird durch eine Axiometerleitung von der Brücke aus gesteuert. Als Notsteuer dient noch ein Handrad hinter dem zweiten Schornstein mit Übertragung nach dem darunterstehenden Dampfsteuerapparat. Außerdem kann mittels Notpinne und Taljen unter Zuhilfenahme der auf dem Achterdeck stehenden Winde gesteuert werden.

Das Schleppgeschirr mit Patenthaken ist an der besonders verstärkten Küchenrückwand angebracht, und die Eisenkonstruktion ist so ausgeführt, daß die beim Schleppen auftretenden Beanspruchungen gut auf den Schiffskörper übertragen werden. Zum Einholen der Trossen und Verholen dient eine 5 t-Dampfwinde mit großen Spillköpfen auf dem Achterdeck. Eine schwere Ankerwinde, die nötigenfalls auch von Hand betrieben werden kann, ist wie üblich angeordnet. Zwischen Luken und dem stählernen Fockmast ist für die Bedienung des 5 t-Ladebaumes eine Dampfwinde vorgesehen. Ein Rettungsboot und ein Motorboot hängen in Klappdavits und vervollständigen die Ausrüstung, Abb. 4 und 5.

Zum Antrieb des Schiffes dienen zwei Dreifach-Expansionsmaschinen, die mit Sattdampf arbeiten und je mindestens 750 PS leisten. Bei 110 Uml./min an der Maschine hat das Schiff mit 1500 PS 12 Kn erreicht. Die Zylinderdurchmesser betragen 425, 670 und 1100 mm, der gemeinsame Hub 700 mm. Die Maschine ist mit Stephensonscher Kulissensteuerung gebaut. Die hinteren Säulen bestehen aus Gußeisen, die vorderen aus Schmiedeisen, die gußeisernen Kolben sind gut versteift und werden durch Ramsbottom-Ringe abgedichtet. Für Hoch- und Mitteldruckzylinder sind Kolbenschieber, für den Niederdruck Flachschieber vorgesehen. Die Umsteuerung erfolgt sowohl von Hand als auch durch eine Umsteuermaschine, Bauart Brown.

Die schmiedeisernen Kondensatoren sind freistehend aufgestellt und haben je eine Kühlfläche von 83 m². Auch die Pumpen sind unabhängig von der Hauptmaschine angeordnet; während die Kühlwasserpumpen als Kreiselpumpen ausgebildet sind, sind für alle übrigen Zwecke Kolbenpumpen eingebaut. Den Dampf erzeugen zwei zylindrische Schiffskessel mit rückkehrender Flamme von je 220 m² wasserberührter Heizfläche. Sie arbeiten mit 14 at Überdruck und sind mit einem Howdensgebläse ausgerüstet. Bei der Bemessung der Heiz- und Rostfläche ist darauf Bedacht genommen worden, daß vorwiegend die geringwertige Kapkohle verbrannt werden muß.

Ein hydraulischer Aschenauswerfer ist im Kesselraum eingebaut. Ein Verdampfer mit einer Tagesleistung von 10 t ist ebenso wie die Bergungs-Kreiselpumpe, die 1000 m³/h leistet, im Maschinenraum aufgestellt. Ein Verteilkasten für die Bergungsschläuche steht an Deck. Die Luftleere zum Ansaugen der Pumpen wird durch Einblasen von Dampf ermöglicht.

Alle Räume sind elektrisch beleuchtet. Ein kräftiger Bogenlampenscheinwerfer steht auf einem am Fockmast angebauten Podest. Zur Lüftung der Kammern dienen elektrisch angetriebene Lüfter. Die starke F.-T.-Anlage mit möglichst weiter über das Schiff geführter Antenne ist für dieses Schiff von besonderem Wert. [M 119] W. Behrendt.

Technische Navigation.

Im XII. Deutschen Seeschiffahrtstag am 30. und 31. März 1925 in Berlin wurden verschiedene Vorträge über technische Navigation[1]) gehalten. Dr. Graf v. Arco sprach nach einem geschichtlichen Rückblick über „Neuerungen am Funkpeiler". Der gerichtete Sender und richtempfindliche Empfänger sind so alt wie die Radiotechnik überhaupt. Der erste richtbare Empfänger für Peilzwecke konnte jedoch erst ausgeführt werden, als Fessenden die Richtwirkung des einfachen drehbaren Rahmens erkannt hatte. Mit Hilfe solch eines Rahmens sind zwei Peilarten möglich: Bei der Fremdpeilung steht der Rahmen an Land und empfängt Peilzeichen von dem Bordsender. Die Richtung, aus der die Zeichen kommen, wird dem Schiff telegraphisch mitgeteilt. Bei der Eigenpeilung werden von ungerichteten Sendern an der Küste Peilzeichen gegeben und vom Peilempfänger an Bord aufgenommen. Dieses Verfahren ist vorzuziehen, da hierbei das Hin- und Hertelegraphieren wegfällt. Es wird in Zukunft vorherrschen, da es ein dauerndes Überprüfen der Zielrichtung und damit die Möglichkeit einer Zielfahrt gestattet. Die praktische Ausführung derartiger Peilrahmen an Bord durch „Telefunken" verursachte wegen der engen Schiffsräume zunächst Schwierigkeiten, da der Rahmen sehr klein gehalten werden mußte. Ferner mußte zur eindeutigen Erkennung der gepeilten Richtung (vorn oder rückwärts, rechts oder links) eine lose gekoppelte Hilfsantenne hinzugefügt und die Zusammensetzung der beiden Empfangsströme so einfach gestaltet werden, daß der Apparat schnell und

[1]) „Hansa" Bd. 62 (1925) S. 537.

fehlerfrei bedient werden konnte. Schließlich mußte der Empfänger störungsfrei arbeiten, obgleich die Zahl der auf einer ähnlichen Welle gebenden Sendestellen immer größer wird.

Nach einem erfolgreichen Versuch des von „Telefunken" durchgearbeiteten Apparats auf dem Vermessungsschiff „Panther" der deutschen Reichsmarine im Jahre 1923 wurden durch die „Debeg" (Deutsche Betriebsgesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H.), Berlin, etwa 20 Peiler für die Hamburg-Amerika Linie und den Lloyd bestellt und u. a. auf „Columbus", „Stuttgart", „München", „Ballin" und „Deutschland" eingebaut. Auch Bergungsdampfer und Walfischfänger wurden mit diesen Bordpeilern ausgerüstet. Das Luftschiff ZR III hat bei seiner Annäherung an die nordamerikanische Küste von etwa 1000 km an die Zielpeilung mit seinem Bordpeiler durchführen können. Eine erfolgreiche Einführung des Bordpeilers ergab sich, als es möglich war, den Rahmen auf der Kommandobrücke und den Empfangsapparat

a Kapitän
b Funkraum
c Motorboot
d Rettungsboot
e Kohlenschacht
f Lampenkammer
g Pantry
h Bad für Offiziere
i Küche
k Maschinen-Vorräte
l Bad für Ingenieure
m I. Offizier
n II. „
o Offiziersmesse
p Mannschaftsmesse
q_1 Brausebad für Matrosen
q_2 „ „ Heizer
r 6 europäische Matrosen
s 3 „ „
t 8 eingeborene Heizer
u 8 „ Matrosen

v Bootsmann und Koch
w I. Ingenieur
x II. „
y III. „
z_1 Längsbunker
z_2 Querbunker
z_3 Trinkwasser.

Abb. 4 bis 7. Doppelschrauben-Schlepp- und Bergungsdampfer „Antonio Ennes". 1 : 300.

Klasse: Germ. Lloyd ✠ A 4
Material: S.-M.-Flußeisen
2 Maschinen: $\frac{425 \times 670 \times 1100}{700}$
2 Kessel: 2 × 220 m² Heizfl. 14 at Ueberdr.
Länge über alles . . 48,67 m

Länge zwischen den Loten . . . . . . 45,72 m
Breite auf Spanten 8,84 „
Seitenhöhe . . . . . 4,57 „
Tiefgang . . . . . . 3,96 „
Völligkeit d . . . . 0,62 „
Geschwindigkeit . . 12 Kn.
Rauminhalt 509,37 B.-R.-T.
170,35 N.-R.-T.

Inhalt der Bunker (einschl. Luken):
Längsbunker St.-B und B.-B. zus. 134 t
Querbunker 85 „
Bunker insgesamt 219 t
Inhalt der Tanks:
Hinterpick . . . . . . 35,70 t

Frischwassertank Spt. 10 bis 16 . . 10,50 t
Doppelboden . . . . 24 „
Frischwassertank Spt. 60 bis 62 . . 24 „
Vorpick . . . . 21,90 „
Wasserballast insges. 57,60 „
Trinkwasser . . . . . 34,50 „
Speisewasser . . . . 24 „

im Kartenhaus unterzubringen, d. h. an der Stelle, wo die Navigation auch sonst ausgeführt wird. Dies hat vom psychologischen Standpunkt aus den großen Vorteil für sich, daß der Schiffsführer seine Beobachtungen selbst machen und auswerten kann. Bei einer Zielfahrt ist zuerst von etwa 200 Meilen ab und weiterhin stündlich zu peilen. Gegen Schluß der Fahrt sind die Peilungen viertelstündlich zu erneuern, damit das Schiff sein Ziel auf dem kürzesten Weg erreicht.

Mit Hilfe der Bordpeiler kann auch die sogenannte Kreuzpeilung durchgeführt werden, d. h. die Feststellung der Richtungen, in denen zwei Orte zum Schiffsort liegen. Der Schnittpunkt der Standlinien auf der Seekarte ergibt den augenblicklichen Standort. Bei größeren Entfernungen müssen jedoch noch besondere Berichtigungen vorgenommen werden. Angaben hierfür sind von Prof. Dr. Wedemeyer von der Marineleitung gemacht worden.

Aus der Rundfunktechnik ist bekannt, daß bei den dort gebräuchlichen kurzen Wellen die Lautstärke und die Reichweite in der Nacht stark zunehmen, die Richtwirkung aber sehr vermindert ist. Die Bordpeilung muß daher bei Tage geschehen, und da hierfür nur längere Wellen in Frage kommen, ist für die Bordpeiler eine Wellenlänge von rd. 1000 m gewählt worden. Die Empfindlichkeit des Empfangsapparates wird dann in üblicher Weise mit Hochfrequenzverstärkern erhöht.

Für die Ausführung von Funkpeilungen kommen Feuerschiffe mit etwa 0,2 kW und Küstensender mit 1 bis 2 kW Antennenleistung in Frage. Außerdem können auch die fahrenden Schiffe mit kleinen Peilsendern (20 Watt) ausgerüstet werden, die als Nebelwarnsignale arbeiten. Zweckmäßig wird ein modulierter (tönender) Sender benutzt, dessen Richtwirkung stetiger ist als beim ungedämpften Sender. Messungen haben ergeben, daß bei 160 Meilen Entfernung die Richtung nachts auf 3 Grad, am Tag auf 1/10 Grad genau festgelegt werden kann. Zunächst werden die Feuerschiffe „Borkum Riff", „Norderney", „Elbe I", „Amrum Bank", „Weser" und „Oder" mit Sendern von 160 Watt Antennenleistung ausgerüstet. Der Betrieb wird in der Weise geregelt, daß jeder Sender dreimal sein Kennzeichen, z. B. — . . . („Borkum Riff") gibt und daß dann Striche von bestimmter Zeitdauer folgen. Die Peilsender können auch noch durch Unterwasserschallsender unterstützt werden, so daß die Schiffe nicht nur die Richtung, sondern auch den Abstand von den Feuerschiffen bestimmen können, indem sie den Zeitunterschied zwischen dem Eintreffen eines elektrischen und des gleichzeitig abgegebenen akustischen Kennzeichens ermitteln.

Herr Prof. Dr. Wedemeyer sprach sodann über Sextanten mit künstlichem Horizont oder mit künstlichem Zenit, die z. Zt. noch erprobt werden. Ebenso sind die Versuche mit den Anschützschen Selbststeuerer noch nicht abgeschlossen, der sich besonders für Schiffe eignet, die lange einen geraden Kurs fahren. Bezüglich der Bordpeiler machte der Vortragende darauf aufmerksam, daß die damit gemachten Peilungen Fehlweisungen zeigen, ähnlich wie die Deviation des Magnetkompasses. Mit Hilfe von Zahlentafeln kann man die Fehler berichtigen. Die Firma Anschütz & Co. versucht die Fehlweisung durch Einbau besonderer Platten völlig zu beseitigen. (Eine derartige Einrichtung wurde auf der Funkausstellung in Berlin im November 1924 vorgeführt.) Auch hier liegen noch keine abschließenden Versuchsergebnisse vor.

Zum Schluß sprach Direktor Hahnemann von der Signal-Gesellschaft, Kiel, über die in der technischen Navigation verwendeten Schallapparte. Die Unterwasser-Schallempfänger sind heute so ausgebildet, daß sie mit ihrer Schallmembran unmittelbar in die Bordwand eingesetzt werden. Als Sender wird der elektromagnetische Unterwasser-Schallsender die sogenannten Unterwasserglocken mit der Zeit verdrängen. Der Vorteil liegt darin, daß mittels des elektromagnetischen Senders größere Schalleistungen im Wasser erzeugt und leichter unterscheidbare Signale gegeben werden können. Die Sender werden entweder an einem Feuerschiff befestigt oder an einem Dreibein auf dem Meeresboden verankert. Man speist mit Wechselstrom von 1000 Per./s. Die Sendezeichen werden durch einen selbsttätigen Schalter erzeugt. Außer zur Ansteuerung können die Sender auch zur Abstandbestimmung benutzt werden. In Verbindung mit einem Bordpeiler kann man, da die elektrischen Wellen mit 300 000 km/s praktisch sofort auf dem Schiff ankommen, der Schall im Wasser sich dagegen nur mit einer Geschwindigkeit von etwa 1500 m/s ausbreitet, aus dem Zeitunterschied den Abstand bestimmen. Der Vortragende erwähnte dann noch den Luftschallsender, der ebenfalls elektromagnetisch arbeitet und als Ersatz für Sirenen und Nebelhörner dient. Die Vorteile sind die gleichen wie beim Wasserschallsender: schärfere Signalgebung und größere Reichweite.

Schließlich wurden noch das Fall-Lot und das Echo-Lot besprochen. Beim Fall-Lot erzeugt der Fallkörper beim Aufstoßen auf den Meeresboden eine Explosion, deren Knall vom Unterwasserschall-Empfänger aufgenommen wird. Aus der Zeit, die zwischen dem Abwerfen des Fallkörpers und dem Knall liegt, kann die Tiefe berechnet werden. Beim Echolot wird am Schiffskörper ein Schall erzeugt, der vom Meeresboden zurückgeworfen und vom Empfänger abgehört werden kann. Auch hier wird aus dem Zeitunterschied zwischen der Schallerzeugung und der Ankunft des Echoschalls die Tiefe berechnet. [N 537] Dr. Gsr.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Vorlesungen über Wasserkraftmaschinen. Von Prof. Dr. phil. Dr.-Ing. R. Camerer. 2. neu bearbeitete Aufl. Von Dipl.-Ing. Bernhard Esterer. Leipzig 1924, W. Engelmann. 515 S. m. 646 Abb. u. 42 Taf. Preis 28 ℳ.

Dem leider zu früh verstorbenen Verfasser war es nicht mehr vergönnt, die zweite Auflage seines im Jahre 1914 erschienenen Werkes zum Abschluß zu bringen, und es ist sehr zu begrüßen, daß einer seiner früheren Assistenten diese Arbeit übernahm und das hervorragende, längst vergriffene Werk über Wasserturbinen im Sinne von Prof. Camerer unter Benutzung der bereits festgelegten Neueinteilung sowie der vorhandenen Manuskriptbruchstücke neu bearbeitete. Der Umfang des Buches ist ungefähr derselbe geblieben und die klare Gliederung und Behandlung des ganzen Stoffes ist auch in der neuen Auflage beibehalten worden, ja sie hat noch dadurch gewonnen, daß manche Teile unter Zusammenlegung von Gleichartigem kürzer gefaßt wurden.

Neu wurde ein Abschnitt über die hydraulische Ähnlichkeit und über Modellversuche aufgenommen, die ja heute eine große Wichtigkeit gewonnen haben. Bei dieser Gelegenheit möchte ich wünschen, daß im Sinne der Bestrebungen von Prof. Camerer für die Vereinheitlichung der Bezeichnungen im Wasserturbinenbau auch für die in der Hydraulik viel benutzten Werte für die Zähigkeit einheitliche Zeichen gebraucht würden, und ich möchte vorschlagen für den Wert Zähigkeit: Dichte, den wohl heute meist benutzten Buchstaben ν zu nehmen, und stets als „kinematische Zähigkeit" zu bezeichnen (s. a. Prandtl, Flüssigkeitsbewegung S. 16, Jena 1913). Es wäre also $\nu = \eta \frac{g}{\gamma}$, wobei η die Zähigkeit bedeutet. In dem Buch von Camerer ist $\eta \frac{g}{\gamma} = Z$ gesetzt und als Zähigkeitszahl bezeichnet, was leicht zu Verwechslungen Anlaß geben kann, da vielfach auch η als Zähigkeitskoeffizient oder Zähigkeitszahl bezeichnet wird. Weiter möchte ich vorschlagen, in Übereinstimmung mit den meisten Veröffentlichungen als Reynoldssche Zahl den Wert $\frac{w\,l}{\nu}$ und nicht, wie bei Camerer, den reziproken Wert $\frac{\nu}{w\,l}$ zu wählen.

Die graphische Behandlung der Hauptgleichung ist neu bearbeitet und hat dadurch eine klarere Gestaltung und allgemeinere Anwendungsmöglichkeit erhalten. Im übrigen ist die Theorie und Konstruktion der Francisturbinen nahezu unverändert beibehalten worden. Die dazu gehörigen Erfahrungswerte sind übersichtlicher, als früher in einer Zahlentafel zusammengestellt, zum Teil in einem Kurvenblatt aufgetragen und bis zur spezifischen Drehzahl $n_s = 400$ ergänzt worden.

Der Abschnitt „Berechnung und Konstruktion der Lauf- und Leiträder" ist nahezu ungeändert geblieben; ältere Konstruktionen sind ausgemerzt und dafür, besonders in den Tafeln, neuere Bauarten aufgenommen worden. Bei den Saugrohren ist der „Hydraucone-Regainer" von White erwähnt und auf die entsprechende Form von Kaplan hingewiesen, ohne daß allerdings näher darauf eingegangen wird. Bei den Räderübersetzungen wäre ein Hinweis auf die Citroënräder und die für größere Leistungen heute häufig angewandten Stirnräder erwünscht gewesen.

Der Abschnitt über die Freistrahl-Becherturbinen ist ungeändert geblieben. Während die Versuche von Reichel und Wagenbach vom Jahre 1913 durchaus berücksichtigt sind, fehlt ein Hinweis auf deren neuere Versuche vom Jahre 1918.

Wie im Vorwort der Neuauflage gesagt ist, wurde davon Abstand genommen, die Entwicklung des Turbinenbaues bis zu den neuzeitlichen Propellerturbinen mit festen und drehbaren Laufradschaufeln darzustellen, so daß das Buch nur den Anspruch darauf erhebt, eine vollständige Darstellung der Theorie und Konstruktionslehre der Francisturbine sowie der Becherturbine zu geben. Dies ist auch in vollem Maße gelungen, und der hohe

wissenschaftliche Geist, der die erste Auflage durchwehte, ist auch vom Bearbeiter der Neuauflage gewahrt worden. Wir sind ihm Dank dafür schuldig, daß er dieses wertvolle Buch Camerers wieder auflegen ließ, zumal es durch die Neubearbeitung zweifellos noch gewonnen hat. [E 438] Fr. Oesterlen.

Elektrizität in industriellen Betrieben. Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. eh. W. Philippi. 1. Bd.: **Elektrizität im Bergbau.** Von W. Philippi. Leipzig 1924, S. Hirzel. 301 S. mit 185 Abb. im Text und 2 Taf. Preis 16 ℳ.

Im Bergbau hat die Anwendung der Elektrizität im Laufe weniger Jahrzehnte eine gewaltige Entwicklung genommen. Der Verfasser des vorliegenden Werkes, der nicht nur lehrt, sondern in der schaffenden Praxis an leitender Stelle wirkt, weist dem Bergmanne die Eigenart des elektrischen Antriebes und dem Elektrotechniker die besonderen Erfordernisse des Bergbaues.

Im Kraftwerk der Grube wird Drehstrom erzeugt; denn der Drehstromantrieb überwiegt, weil der Drehstrommotor dem rauhen Betrieb am besten gewachsen und mit hoher Spannung betreibbar ist. Für Grubenbahnen ist Gleichstrom erforderlich, der aus Drehstrom umgeformt wird. Schachtfördermaschinen werden ebenfalls durch Gleichstrom angetrieben, der in einer besonderen Dynamomaschine erzeugt wird, die der Fördermaschinist steuert. Der Verfasser gibt und begründet Richtlinien für die Ausführung der Kraftwerke, die sich sowohl auf den Dampfteil als auf den elektrischen Teil beziehen und die am Beispiele des großen Grubenkraftwerkes Oberschlesien veranschaulicht werden. Die Regelung der Gleichstrom- und der Drehstrommotoren wird besprochen sowie die Ausführung solcher Motoren und Anlasser, die besonders scharfen Anforderungen genügen, schmutzsicher, tropf- und spritzwassersicher oder schlagwettersicher sein müssen. Die bei großen Drehstromantrieben gegebenenfalls erforderlich werdenden Reguliergetriebe, ferner die zum Umformen von Drehstrom in Gleichstrom dienenden Motorgeneratoren, Einankerumformer und Quecksilberdampf-Gleichrichter werden eingehend dargestellt und gewürdigt.

Nach diesen Darlegungen allgemeiner Art werden die eigentlichen Bergwerkmaschinen im Zusammenhange mit ihrem elektrischen Antriebe betrachtet, zunächst die vor Ort arbeitenden Bohrmaschinen, Schrämmaschinen, Schüttelrutschen und Haspel, ferner die Seil- und Kettenbahnen sowie die Fahrdraht- und Akkumulatorlokomotiven, dann die Schachtfördermaschinen mit Gleichstrom- und mit Drehstromantrieb nebst Schachtsignalanlagen, schließlich die Wasserhaltungen und die der Hauptund der Sonderbewetterung dienenden Lüfter. Den Braunkohlenbergwerken ist ein besonderer Abschnitt gewidmet, worin der elektrische Antrieb der großartigen Baggereinrichtungen und Lokomotivförderungen sowie der Antrieb der Brikettpressen behandelt wird. Mit der Einführung des elektrischen Betriebes werden neue Gefahren in die Grube gebracht: die Berührungsgefahr, die Gefahr, daß Schlagwetter entzündet werden und die Gefahr, daß Sprengschüsse durch Streuschüsse vorzeitig gelöst werden. Diese Gefahren und deren Abwehr sind ebenfalls gewürdigt.

Aus dem reichen Inhalt des Buches, das viele Abbildungen und Schaltpläne enthält, sei einiges hervorgehoben. Beim Gleichstromantrieb der Fördermaschinen kann man die Belastungsspitze sehr herabdrücken, indem man mit allmählich abnehmender Beschleunigung anfährt, und hat dann die Möglichkeit, das ausgleichende Schwungrad fortzulassen. Das wird am Beispiel der Förderanlage Zeche Sachsen III und am Beispiele der Förderanlage Rosenblumendelle erläutert, deren Steuerdynamo von einer Dampfturbine getrieben wird, die außerdem eine große Drehstromdynamo antreibt. Bei den Drehstromfördermaschinen werden die neuen Anordnungen behandelt, bei denen Lasten mit kurzgeschlossener Läuferwicklung eingehängt werden. Im Abschnitt Wasserhaltungen ist die Normung der Wasserhaltungsmotoren besprochen, im Abschnitt Ventilatoren sind ausgeführte Reguliergetriebe dargestellt.

Soviel über den Inhalt. Die Darstellung streift auch wirtschaftliche Fragen, insbesondere, wo es sich um den Vergleich des elektrischen Antriebes mit andern handelt; in der Hauptsache ist sie aber technisch. Die Grundlagen der Elektrotechnik werden vorausgesetzt; doch wird der Leser in die besondere Aufgabe bequem eingeführt. Auf Einzelheiten der Konstruktion geht der Verfasser nicht ein, er legt aber knapp und klar das Wichtige dar. Das Buch wird dem Bergmann und dem Elektrotechniker ein vorzüglicher Wegweiser sein.

[E 424] Dr. H. Hoffmann.

Die Reduktion der Eisenerze in elektrischen Öfen. Bd. 12 der Jüptnerschen Sammlung technischer Forschungsergebnisse. Von H. von Jüptner. Leipzig 1924, Arthur Felix. 284 S. m. 67 Abb. Preis geb. 10,50 ℳ.

Der größte Wert der vorliegenden Veröffentlichung liegt in einer Zusammentragung der sehr zerstreuten und in den wichtigsten Veröffentlichungen fremdsprachigen Literatur des Gebietes. In dieser Beziehung liegt gute Vollständigkeit vor, so daß sich der Leser nicht nur über die Pionierarbeit in Italien, Frankreich, Kanada und Skandinavien, sondern auch über den derzeitigen technischen Stand besonders dann gut unterrichten kann, wenn er sich schon mit dem Gebiet eingehender beschäftigt hat. Den breitesten Raum nimmt naturgemäß die schwedische Elektro-Roheisenerzeugung ein. Für den Fernstehenden mangelt es dem Buch an einer entsprechenden Kritik der Versuche und Ergebnisse. Die Arbeiten Helfensteins mit dem Niederschachtofen sind etwas stiefmütterlich behandelt. Man kann darüber verschiedener Meinung sein, ob die im 9. Kapitel aufgenommene elektrothermische Herstellung von Eisenlegierungen in den Rahmen des Buches sachlich hineinpaßt. Nimmt man dies an, so müßte dieses wichtige Herstellungsgebiet wohl ausführlicher behandelt werden. So ist beispielsweise die jetzt so an Bedeutung gewinnende Herstellung von Ferromangan im elektrischen Ofen auf einer halben Seite abgetan, eine Besprechung der Herstellung von Ferrosilizium fehlt ganz, konstruktive Angaben über Ferrolegierungsöfen sind nicht vorhanden.

Die im Anfang des Buches enthaltene schematische Übersicht der verschiedenen Bauarten von Elektroöfen wirkt eher verwirrend, da der größte Teil der angeführten Bauarten für eine Reduktion von Eisenerzen nie in Betracht kam, zum Teil auch mit der ganzen Elektrometallurgie des Eisens nichts zu tun hat. Was hat z. B. der Ofen von Birkeland & Eyde mit dem elektromagnetisch zu einer Scheibe ausgebreiteten Lichtbogen, ein Ofen, der lediglich zur Bindung des Stickstoffes aus der Luft dient, in dem Buche zu suchen?

Das Buch enthält viele Druckfehler, die durch die gebrachte Berichtigung nicht erschöpft werden. Besonders bei Eigennamen wirkt dies recht störend und sollte jeder Verfasser in dieser Beziehung besondere Sorgfalt aufwenden. Man muß daher das Lob über das Buch auf das im Eingang dieser Besprechung Hervorgehobene beschränken. [E 539] Prof. V. Engelhardt.

Wie konstruiere ich ein Gußstück? Bearbeitet von Fabrikdirektor Ing. R. Saladin und Prof. Dr.-Ing. K. Laudien. Leipzig, Dr. Max Jänecke Verlagsbuchhandlung. 58 S. m. 124 Abb. Preis 1,60 ℳ.

Die Notwendigkeit, den Konstrukteur immer wieder darauf hinzuweisen, daß er die Konstruktionen seiner Maschinenteile stets mit Rücksicht auf die wirtschaftliche Fertigung, insonderheit der Gußstücke, entwirft, ist schon wiederholt in den letzten Jahren seitens der Gießereifachverbände auf ihren Versammlungen und in ihren Zeitschriften betont worden. Einige große Firmen sind sogar dazu übergegangen, die Zeichnungen, bevor sie in die Werkstatt gehen, durch einen besonderen Betriebsmann auf die Zweckmäßigkeit ihrer Ausführung in betriebstechnischer Hinsicht prüfen zu lassen. Wenn der Gedanke des zweckmäßigen Konstruierens von Gußstücken die nötige Beachtung in der Praxis finden soll, so muß in den Hoch- und Fachschulen bereits der angehende Konstrukteur auf diese Dinge hingewiesen werden. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß gerade dieses Gebiet sehr schwierig ist, das erfolgreich nur in gemeinsamer Arbeit von Praktiker und Theoretiker bearbeitet werden kann. So ist es als ein besonders glücklicher Umstand zu bezeichnen, daß sich im vorliegenden Falle zwei solcher Fachmänner zusammengefunden haben, die das Ergebnis langjähriger Erfahrungen in diesem kleinen Buche niederlegten. Es ist der erste Versuch, der diesen ebenso bedeutungsvollen wie schwierigen Stoff zu meistern versucht. Dieser Versuch kann durchaus als gelungen bezeichnet werden. Die Verfasser haben es verstanden, in klarer Form an Hand guter Skizzen die Hauptgesichtspunkte herauszuarbeiten, die beim Konstruieren von Gußstücken zu beachten sind. Die Beispiele sind geschickt ausgewählt, vielleicht hätte der Einfluß des Schwindens in Gestalt von Lunkern noch an einigen charakteristischen Fällen eingehender erläutert werden können. Dem wertvollen Büchlein ist zu wünschen, daß es sowohl in der Schule als auch in der Praxis eine recht große Verbreitung findet.

[E 518] Lohse.

Wörterbuch der deutschen und französischen Sprache. Von Sachs-Villatte. Enzyklopädisches Wörterbuch der deutschen und französischen Sprache mit Angabe der Aussprache nach der Klanglaut-Lesart von Toussaint-Langenscheidt. Hand- und Schulausgabe in zwei Bänden. 1. Band französisch-deutsch, erschienen 1917, 944 S.; 2. Band deutsch-französisch, erschienen 1921, 975 S. Berlin-Schöneberg, Langenscheidtsche Buchhandlung. Preis des einzelnen Bandes in Halbleinen 15 ℳ, in Halbleder 17,50 ℳ.

Das vorliegende Wörterbuch füllt endlich eine seit langer Zeit fühlbare Lücke zwischen den gewöhnlichen Taschenwörterbüchern geringen und daher unvollkommenen Inhalts und den großen Wörterbuchausgaben mit ihren teilweise für den gewöhnlichen Benutzer überflüssigen und daher wertlosen, nur als Ballast dienenden Wortsammlungen. Was dem Werke seinen besonderen Wert verleiht, ist die Fortlassung seltener, ungebräuchlicher und veralteter Ausdrücke, dafür aber das Hinzukommen allgemein wichtiger Wortsammlungen aus dem Reiche der Technik und den ihr verwandten Gebieten des Handels und der Industrie.

Von großer Wichtigkeit und gutem Nutzen sind die in der Einleitung gegebenen Erklärungen und Anweisungen zur rich-

tigen und für das eigene Wissen vorteilhaften Benutzung des Wörterbuches. Um die Vervollkommnung der Allgemeinbildung und Sprachkenntnisse des aufmerksamen und denkenden Benutzers zu fördern, sind fast jedem deutschen und französischen Wort Angaben über die Herkunft beigefügt, außerdem eine genaue Langenscheidtsche Aussprachebezeichnung. Die Einleitung enthält unter anderem auch eine kurze grammatikalische Übersicht über die verschiedenen regelmäßigen und unregelmäßigen Verba, Geschlechtsbestimmungen, Pluralbildungen usf. Sie bildet also beinahe ein kleines Lehrbuch für sich. Vermissen könnte man nur eine ausführliche Maß- und Gewichtstabelle, wie sie besonders für den Techniker, den Industriellen und Kaufmann, der viel mit dem Ausland zu tun hat, wichtig ist. Die Berücksichtigung dieses Mangels bei einer späteren Neuauflage würde höchstwahrscheinlich viel zur weiteren Verbreitung des Wörterbuches beitragen.

Zusammenfassend kann der Sachs-Villatte als ein hervorragendes Nachschlagewerk und Hilfsmittel zum tieferen Eindringen in die fremde Sprache bezeichnet werden, das auch dem Techniker wegen der großen Fülle technischer Ausdrücke zur Benutzung durchaus empfohlen werden kann.

[E 504] Neumann.

Die Theorie der modernen optischen Instrumente. Von A. Gleichen. Stuttgart 1923, Ferdinand Enke. XII, 388 S. m. 289 Abb. Preis geh. 13,50 ℳ.

Im allgemeinen Teil gibt der bekannte, inzwischen verstorbene Verfasser eine klare und übersichtliche Einführung in die geometrische Optik, deren theoretische Darlegungen durch zweckmäßig gewählte praktische Beispiele ergänzt werden und eine gute Grundlage für den umfangreicheren speziellen Teil des Buches bilden.

Hier wird zunächst das menschliche Auge beschrieben und seine Wirkungsweise vom geometrisch-optischen Standpunkt aus teilweise unter Berücksichtigung von Fehlern klargelegt. Darauf folgen für die technisch-optischen Instrumente wichtige theoretische Betrachtungen, z. B. über das Sehen durch optische Instrumente, über Vergrößerung und Apertur sowie über die Helligkeit der Bilder.

Von Fernrohren sind die Einzelteile, namentlich die gebräuchlichsten Okulare und Prismen, sowie die verschiedensten (auch militärischen) Bauarten besprochen und Neuerungen, z. B. bei den pankratischen Zielfernrohren für Jagdzwecke, den Sehrohren (Periskopen), den Entfernungsmessern sowie bei den Zystoskopen berücksichtigt.

Bei den Mikroskopen sind die Beleuchtungseinrichtungen eingehend behandelt, deren richtige Anwendung erst das Mikroskop vollkommen auszunützen gestattet, und ein Abschnitt über Mikrophotographie mit ultraviolettem Licht mit ausführlichem Quellenhinweis für Dunkelfeldbeleuchtung und Ultramikroskopie ist hinzugefügt.

Über photographische Objektive bringt der Verfasser nach einigen allgemeinen Bemerkungen über die Tiefe und die naturgetreue Abbildung eine Zusammenstellung der bekanntesten Bauarten mit Angabe der Abmessungen. In der ophthalmologischen Optik sind die grundlegenden Formen und Arten der modernen Brillengläser unter Berücksichtigung der Theorie angegeben. Daran schließen sich Beschreibungen der Augenspiegel und ihre Anwendung bei der Augenuntersuchung an. Den Abschluß des Werkes, das auch durch seine Abbildungen wertvoll ist, bilden Betrachtungen über aberrationsfreie optische Systeme.

Die Absicht des Verfassers, ein Buch zu schaffen, das Studierenden, Ingenieuren und Konstrukteuren das Eindringen in die geometrische und technische Optik erleichtert, dürfte in hohem Maß erreicht sein. [E 103] A. Wetthauer.

Beiträge zur Geschichte der Technik u. Industrie. Jahrbuch des Vereines deutscher Ingenieure. Herausg. v. Conrad Matschoß. Bd. 14. Berlin 1924, VDI-Verlag G. m. b. H. 278 S. m. 196 Abb. Preis 16 ℳ.

Die genauere Berechnung gelenkloser Gewölbe und der Einfluß des Verlaufes der Achse und der Gewölbestärken. Von Friedrich Hartmann. 2. Aufl. Leipzig u. Wien 1925, Franz Deuticke. 36 S. m. 19 Abb. Preis 1,40 ℳ.

Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und über die zulässigen Beanspruchungen der Baustoffe. 5. erg. Aufl. Berlin 1925, Wilh. Ernst & Sohn. 20 S. Preis 1,50 ℳ.

Technische Mechanik u. Festigkeitslehre. Zusammenstellung der wichtigsten Formeln. Von P. Menert. T. 3: Festigkeitslehre. Leipzig und Wien 1925, Franz Deuticke. S. 197 bis 315. Abb. 401 bis 491. Preis 3 ℳ.

Die Maschinenelemente. Von K. Laudien. 4. Aufl. Bd. I. Leipzig 1925, Max Jänecke. 404 S. m. 660 Abb. Preis geh. 7,35 ℳ, geb. 8,50 ℳ.

Fahrleitungsanlagen für elektrische Bahnen. Von Fr. Wilhelm Jacobs. München und Berlin 1925, R. Oldenbourg. 290 S. m. 400 Abb. Preis geh. 10,50 ℳ, geb. 12 ℳ.

Einführung in die Determinantentheorie einschl. der Fredholmschen Determinanten. Von Gerhard Kowalewski. 2. verb. Aufl. Berlin u. Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 304 S. Preis geh. 14 ℳ, geb. 15,50 ℳ.

Das Heizöl (Masut). Von E. Davin. Deutsche Bearb. v. Ernst Brühl. Berlin 1925, Julius Springer. 62 S. m. 2 Abb. Preis 3,60 ℳ.

Chlorkalk. Rohstoffe u. Erzeugnis. Von Fritz Eisemann. Berlin 1925, Kalkverlag G. m. b. H. 32 S. Preis 1,80 ℳ.

Zur Kritik des Neckarkanalprojekts. Von Richard Thoma. Heidelberg 1925, S. A. a. Heidelberger Tageblatt vom 30. Dez. 1924. 17 S. m. 1 Kt. Preis 0,50 ℳ.

Das Zeißwerk und die Carl-Zeiß-Stiftung in Jena. Von Felix Auerbach. 5. umgearb. Aufl. Jena 1925, Gustav Fischer. 258 S. m. 252 Abb. Preis geh. 6 ℳ, geb. 8 ℳ.

Der Sinn der Carl Zeiß-Stiftung. Ernst Abbes sozialpolitische Gedanken. Von H. Weinel. Langensalza 1925, Beyer & Söhne. 28 S. (Quellenbücher der Volkshochschule H. 9.) Preis 0,75 ℳ.

75 Jahre Schäffer & Budenberg G. m. b. H. Magdeburg-Buckau, 1850 bis 1925.

Josef Madersperger. Erfinder der Nähmaschine. Von Rudolf Granichstaedten-Czerva. Wien 1925, M. Kuppitsch Wwe. 39 S. m. 10 Abb. Preis 1,50 österr. Schill.

Die Geschichte der Zeitmessung und der Uhren. Herausg. v. Ernst Bassermann-Jordan. Bd. 1, Lfg. E: Theorie der Sonnenuhren. Von Joseph Drecker. Berlin u. Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 112 S. m. 140 Abb. Preis 30 ℳ.

Zsigmondy-Festschrift. Herausg. von W. Bachmann und Wo. Ostwald. Dresden 1925, Theodor Steinkopff. 390 S. m. versch. Abb. Preis 20 ℳ.

Die Wiederherstellung der Eisenbahnen auf dem östlichen Kriegsschauplatz. Von Wilhelm Kretzschmann. Berlin 1925, E. S. Mittler & Sohn. 180 S. m. 42 Abb. u. 32 Taf. Preis 14 ℳ.

Der Wiederaufbau der Kohlenbergwerke im französischen Reparationsgebiet. Von H. van Lowick. 2. erg. u. verb. Aufl. Halle/S. 1925, Wilhelm Knapp. 167 S. Preis 7,80 ℳ.

Taschenbuch der Stadtentwässerung. Von K. Imhoff. 4. verb. Aufl. München und Berlin 1925, R. Oldenbourg. 69 S. m. 11 Abb. und 16 Taf. Preis 3,60 ℳ.

Taschenbuch der Kriegsflotten. 22. Jg. 1924/25. Herausg. von B. Weyer. München 1925, J. F. Lehmanns Verlag. 349 S. m. 383 Abb. Preis 10 ℳ.

Meyers geographischer Handatlas. 5. gänzl. umgearb. Aufl. Leipzig 1924, Bibliographisches Institut. 92 Haupt- und 99 Nebenkarten. Preis 20 ℳ.

Schewwern un Wacken. Mansfäller Jedichte. Von H. L. Kreidner. 2. erneute Aufl. Herausg. v. Fritz Schnee. Hettstedt 1925, Fritz Schnee. 97 S. Preis 1,50 ℳ.

Gesetzgebung und Rechtspraxis des Auslandes. Herausg. v. Rudolf Schauer u. Hellmut Rost. Berlin 1925. Jg. 1 H. 1 April 1925. Preis halbjährl. 7 ℳ, 1,25 ℳ/Heft, jährlich 12 Hefte.

Schluß des Texteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ *SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS* ★

BD. 69 SONNABEND, 13. JUNI 1925 NR. 24

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 828.

Ein erfolgreicher Dampfkesselumbau.

Von Dipl.-Ing. H. Frank, berat. Wärme-Ingenieur, Hagen i. W., und W. Wutzkowski, Betriebsingenieur der Huthschen Eisen- und Stahlwerke, G. m. b. H., Gevelsberg i. W.

Unterschied zwischen Beharrungs- und Betriebswirkungsgrad und Bedeutung der Isolierung im Hinblick auf Leerlaufverluste. Auf Grund von Dauerversuchen an einem umgebauten Dampfkessel wird der Einfluß dieser und andrer Merkmale auf die Betriebkosten nachgewiesen.

„Dampfseite" oder „Feuerseite"?

Für die überwiegende Mehrzahl der Besitzer von Dampfkraftanlagen haben die neueren Bestrebungen, den Dampfdruck zu erhöhen, zurzeit noch geringe praktische Bedeutung. Verkennt man auch keineswegs die wirtschaftlichen Vorteile des Hochdruckdampfbetriebes, so ist es doch meist unmöglich, sie zu verwirklichen, wenn man, wie es die Regel ist, die damit verknüpften grundlegenden und kostspieligen Änderungen und Neuanlagen nicht ausführen kann. Damit ist keineswegs gesagt, daß gewisse bescheidene Maßnahmen bei vorhandenen älteren Anlagen nicht zu ähnlichen, unter Umständen noch größeren Vorteilen führen können, als die Dampfdruckerhöhung. Denn es scheint oft fraglich, ob Höchstdruckanlagen, die, wie schon öfter in der Entwicklung des Dampfkraftwesens, die Ersparnis einseitig auf der „Dampfseite", erstreben, angebracht sind, solange noch die Möglichkeit besteht, mit ungleich einfacheren Mitteln auf der „Feuerseite" ähnliche Vorteile zu erreichen.

Als eine solche Maßnahme ist, wie bekannt, die Einführung durchgehender Betriebzeit zu betrachten, weil sie die erheblichen Leerlaufverluste der Dampfkessel vermindert. Dipl.-Ing. E. Praetorius, Hildesheim, hat diese Verluste an einem Steinmüller-Wasserrohrkessel von 242 m² Heizfläche in längeren Betriebsuntersuchungen ermittelt[1]). Abb. 1 zeigt klar, wie sich die gleichbleibenden, also ziemlich unvermeidlichen Verluste durch Strahlung und Leitung I, Ruß und Flugasche II, Schlacke III und Abgase IV zu den Leerlaufverlusten verhalten, die durch die zusätzlichen Abgasmengen V, die Abkühlung des Mauerwerks VI und die Dampfabkühlung VII hervorgerufen werden. Man erkennt, daß die gleichbleibenden Verluste (I bis IV) annähernd ebenso hoch wie der Leerlaufverlust (V bis VIII) sind, was die Berechtigung der von Praetorius geforderten längeren Betriebszeit beweist.

Leider ist es nur selten möglich, diesen Weg zu beschreiten. Man muß daher andre Mittel zur Einschränkung der Leerlaufverluste benutzen. Bevor hierauf eingegangen wird, seien die oft wenig beachteten Tatsachen von einem anderen Standpunkt aus beleuchtet. Man wird dann erkennen, wie leicht man sich über die Wirtschaftlichkeit des Dampfkesselbetriebes täuschen kann.

Beharrungswirkungsgrad oder Betriebswirkungsgrad?

Verdampfversuche, die ein Urteil über die Wirtschaftlichkeit des Dampfkessels ermöglichen sollen, werden bekanntlich „in Beharrung" durchgeführt, d. h. die Leerlaufverluste werden von der Beurteilung ausdrücklich ausgeschlossen. Damit ist dem Kesselbesitzer aber wenig gedient; vielmehr besteht die Gefahr, daß er, durch den Wirkungsgrad des Verdampfversuchs befriedigt, alles in bester Ordnung glaubt und Verbesserungen für unwirtschaftlich hält, also sich selbst sehr schädigt.

Arbeitet ein Kessel beim Verdampfversuch in Beharrung z. B. mit 75 vH Wirkungsgrad, so kann dennoch der Betriebswirkungsgrad, der alle Leerlaufverluste mit einschließt, z. B. nur 50 vH betragen. Dieser ist aber allein maßgebend für die Beurteilung; denn erst aus ihm ersieht der Kesselbesitzer, wieviel Nutzdampf er für den verstochten Brennstoff erhält. Der Betriebswirkungsgrad ist das Verhältnis der während eines längeren Zeitraumes in Dampfform vom Kessel gelieferten Wärme zu der im Brennstoff verbrauchten Wärme, ist also aus der in einer Woche, in einem Monat usw. verdampften Wassermenge und der in derselben Zeit verfeuerten Kohlenmenge leicht zu berechnen.

Abb. 1. Wärmeverluste während eines Betriebstages.

Verluste durch:
I Strahlung und Leitung
II Ruß, Flugasche u. a.
III Schlacke
IV Abgase (I—IV gleichbleibende Verluste)
V Abgase beim Anheizen
VI Abkühlung d. Mauerwerks
VII desgl. d. Dampfes (V—VII Abkühlungsverluste)
VIII Nutzleistungsfaktor (mittl. therm. Wirkungsgrad der ganzen Betriebzeit).

Abb. 2. Betriebswirkungsgrade an einem Steinmüller-Wasserrohrkessel von 242 m² (ohne Vorwärmer).

[1]) Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 6 (1925) Heft 2.

Schnitt A-B

Schnitt E-F

Abb. 4 bis 7. Babcock & Wilcox-Wasserröhrenkessel, von 186 m² nach dem Umbau. 1 : 80.

Abb. 3. Babcock & Wilcox-Wasserröhrenkessel von 186 m² vor dem Umbau. 1 : 80.

Die Erfahrung lehrt, daß der Betriebswirkungsgrad selbst bei gutgehaltenen Dampfkesselanlagen, die beim Verdampfversuch günstige Beharrungswirkungsgrade zeigen, schlecht ist und selten 60 vH übersteigt, wenn die Kessel täglich neu angestocht werden müssen. In dieser Hinsicht mag die Kurve der Betriebswirkungsgrade des eingangs erwähnten Steinmüllerkessels bei 15 kg/m² h mittlerer Verdampfung[1]), Abb. 2, als Beispiel für viele andre gelten; ihre Werte, die noch als günstig anzusprechen sind, berücksichtigen nicht die Vorwärmergewinne und lassen sich daher mit den Ergebnisse des umgebauten Kessels vergleichen.

Abb. 2 macht die Bedeutung aller Maßnahmen klar, die zu einer Verminderung der Leerlaufverluste führen. Das soll aber die Bedeutung von Verdampfversuchen nicht herabsetzen, worüber sich gerade jetzt an der Hand der neuen „Regeln" eine Aussprache entspinnt[2]), vielmehr bleibt die Bestimmung des Beharrungswirkungsgrades als Kennzeichen der Leistungsfähigkeit eines Dampfkessels, unabhängig von den jeweiligen Betriebsumständen, immer bedeutungsvoll. Vor der allgemein üblichen Überschätzung oder falschen Ausdeutung dieser Zahl zu warnen, scheint aber angebracht.

Umbaumaßnahmen.

Die Abmessungen des umzubauenden B. & W.-Wasserröhrenkessels, Abb. 3, mit der kennzeichnenden Vorkriegsart der Einmauerung waren: Heizfläche $H = 186$ m², Überhitzer 45 m², eingebaute Rostfläche 3,06 m², Rostfläche in Betrieb $R = 2{,}52$ m², also $R : H = 1 : 74$. Da gute und billige Kohle reichlich zur Verfügung stand, wurde auf zweckmäßige Feuerungen wenig Wert gelegt. Es fehlten damals auch die

[1]) Von Dipl.-Ing. Praetorius zur Verfügung gestellt.
[2]) Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 5 (1924) Heft 11 und Bd. 6 (1925) Heft 2.

Kenntnisse im Feuerungsbau, die uns die Not der Zeit inzwischen gelehrt hat. Der Kessel wurde nach Wiedereintritt geordneter Verhältnisse gewöhnlich mit einem Gemisch aus bester Förder- und Nußkohle gestocht. Trotz günstiger Zugverhältnisse war der Betrieb bei ungenügender Leistung teuer. Wegen der ungenügenden Leistung war man gezwungen, bei besten Kohlen zu bleiben und auch noch einen zweiten (Zweiflammrohr-)Kessel ständig unter Dampf zu halten.

Daher wurden folgende Änderungen vorgenommen, Abb. 4 bis 7:

1. Einführung des Unterwindbetriebes;
2. Einbau eines feinspaltigen Rostes für minderwertige, dichtliegende Brennstoffe, vor allem für Schlammkohle;
3. Vergrößerung des Feuerraumes von 2,5 auf 9 m³, worin die Flamme ausbrennen kann, ohne die Wasserröhren zu früh zu berühren;
4. Ersatz der zahlreichen Blasöffnungen, die zu Undichtheiten Anlaß geben, durch wenige verschließbare Öffnungen mit drehbaren Düsenbläsern; diese Vereinfachung war möglich infolge der besseren Ausbildung des Feuerraumes, wodurch die Flugkoksbildung aufhört und die Asche gutartig wird;
5. Anordnung von Strahlflächen (in andrer Form als Zündgewölbe bezeichnet), welche die Temperatur des Feuerbettes erhöhen sollen;
6. Schrägflächen rings um den Rost, die Bildung von Randfeuer verhindern und den Angriff am feuerfesten Mauerwerk vermindern;
7. Vergrößerung der unmittelbar bestrahlten Heizfläche durch Verminderung der Rauchgaszüge von 4 auf 2; hierdurch wird zugleich der Widerstand der Feuerzüge herabgesetzt, was für späteren Vorwärmereinbau erwünscht ist;
8. Isolierung des Kesselmauerwerks zur Verhinderung der Ausstrahl- und sonstigen Wärmeverluste.

Ein Vorwärmer wurde zwischen Fuchs und 2. Zug in Aussicht genommen, aber noch nicht eingebaut.

Bedeutung der Isolierung.

Da bei derartigen Kesseln die Mauern meist sehr dick sind, glaubt man auf besondere Isolierung der Mauerflächen verzichten zu können. Man bezeichnet vielfach den Kessel geradezu als isoliert, wenn er angeblich gut vermauert ist. Das zeigt deutlich, wie gering trotz aller aufklärenden Bestrebungen das Verständnis für den Zweck, ja schon für den Begriff der Isolierung noch ist.

Freistehendes Mauerwerk von großer Dicke ist bei unterbrochen betriebenen Kesseln (und Industrieöfen) im Sinne der Wärmeersparnis unbedingt schädlich. Wegen seiner großen Masse verbraucht es viel Anheizwärme, die während der Betriebspausen, z. B. nachts, zum größten Teil an den freistehenden Flächen verloren geht. Das Dümmeln soll dazu dienen, die Abkühlverluste zu vermindern. Gleichwohl braucht der Kessel vor der Inbetriebnahme nochmals viel Brennstoff, vom Zeitaufwand zu schweigen, um wieder auf Druck zu kommen. Dümmel- und Anstochkohle sind also Verluste.

Durch zwei Maßnahmen kann man diese Verluste herabsetzen:

1. Verminderung der Aufnahmefähigkeit des Mauerwerks,
2. Verhinderung der Wärmeabgabe der Mauerflächen nach außen.

Die Aufnahmefähigkeit des Mauerwerks kann man vermindern, wenn man seine Masse soweit verkleinert, wie sich mit der Betriebsicherheit und der Dichtheit der Rauchgaszüge verträgt. Zweckmäßig ist die Wahl von Mauerwerk mit geringem spezifischen Gewicht. Wärmeabgabe nach außen verringert man durch folgerichtig ausgeführten ausreichenden Wärmeschutz aller freistehenden Flächen, die von einer Seite erwärmt werden. Auch die Wärmeableitung in den Erdboden ist zu erschweren.

Ist das Mauerwerk gut isoliert, so übt seine große Wärmekapazität keinen ungünstigen Einfluß mehr aus, da die Anheizwärme nicht mehr verlorengehen kann. Das Mauerwerk wird dann zum Wärmespeicher.

Der umgebaute Kessel ist so isoliert, daß in passendem Abstand vom eigentlichen Kesselmauerwerk eine halbsteinstarke Mauer in Zementmörtel hochgeführt wurde. Der Raum zwischen diesen Mauern wurde mit aufbereitetem körnigen Naturbimsstein ausgefüllt, dessen Wärmeleitzahl den besten Isolierstoffen nahekommt, sie aber an Billigkeit weit übertrifft. Die Kosten frei Werk betrugen nur rd. 300 ℳ. Natürlich muß man bei der Anwendung von Mauerwerkisolierungen auf die Verankerung achten;

Abb. 8. Dampfspannungen über Nacht im isolierten Röhrenkessel.
p = Dampfdruck bei Betriebschluß gegen 6 h.

Abb. 9. Verlauf des Dampfdruckes während der Sonntagspause.
Der Höchstdruck p_1 ist durch Entnahme von Dampf nach Betriebschluß zwecks Abblasens der Kesselrohre sowie für Badezwecke erniedrigt worden.

Abb. 8 und 9. Verlauf der Dampfspannung im umgebauten Kessel.

Abb. 10 und 11. Petry-Dereux-Wasserröhrenkessel von 250 m² Heizfläche und 65 m² Überhitzerfläche vor dem Umbau. 1 : 100.

denn die Stauwärme führt leicht zu hohen Temperaturen an der Außenseite des Mauerwerks, so daß die Verankerung zu heiß werden und sich durchbiegen kann. Alle Anker wurden daher mit guter Luftkühlung versehen, indem die Profilform zur Ausbildung geschlossener Kanäle ausgenutzt wurde, die bei Erwärmung natürlichen Luftzug hervorrufen.

Unterwindfeuerung.

Wichtig ist auch, das Ansaugen von „falscher" Luft zu verhindern, die erhebliche Verluste verursacht. Es genügt nicht, die Fugen mit Mörtel aus Kalk oder Zement abzudichten, weil dieser die immer neue Bildung von Rissen bei Ausdehnungen des Mauerwerks nicht verhindert. Ein geeigneter Mörtel muß hitzebeständig und plastisch sein, damit er allen Bewegungen ohne Rißbildung folgt. Es genügt, eine solche z. B. asphalthaltige Masse knapp fingerdick auf die ausgekratzten Fugen zu streichen.

Die Ursache des Ansaugens falscher Luft ist der vom Schornstein hervorgerufene Druckunterschied, der zur Überwindung des Rostwiderstandes ausreichen muß. Je nach Kohlenart und Schichthöhe braucht man noch über dem Rost 6 bis 10 mm Unterdruck. Bei Unterwindbetrieb wird der Druckunterschied an jeder Stelle des Mauerwerks um diesen Betrag vermindert[1]) und das Ansaugen von Falschluft erschwert. In diesem Sinn ist Unterwindbetrieb unter Umständen sogar bei hochwertigem Brennstoff angebracht.

Betriebsergebnisse des umgebauten Kessels.

Der Hagener Dampfkessel-Überwachungsverein hat einen Verdampfversuch an dem umgebauten Kessel durchgeführt, s. Zahlentafel 1. Die kurze Versuchsdauer machte der Betrieb notwendig; sie ist kaum zu beanstanden, da der Kessel wirklich „in Beharrung" war; das Kennzeichen der Beharrung ist, daß die Versuchsergebnisse annähernd gleich bleiben. Aus diesem Grund ist man in den neuen „Regeln für Leistungsversuche an Dampfanlagen" auch zum sechsstündigen Verdampfversuch übergegangen.

Aus betrieblichen Gründen war die Belastung nur gering, nämlich 12,8 kg/m² h. Der Beharrungswirkungsgrad von 76 vH ohne Vorwärmer ist als normal zu bezeichnen. Ein kurzer Versuch der Werkleitung am 12. November 1924 bei erhöhter Verdampfung (man mußte den Dampf ins

[1]) Vergl. Friedr. Barth, Wahl, Projektierung und Betrieb von Kraftanlagen (1919) S. 193 bis 197.

Zahlentafel 1. Verdampfversuch am umgebauten Kessel.

Versuchstag	17. 10. 24	12. 11. 24
Dauer der Versuche . . h	4	3
Brennstoff: Schlammkohle	Zeche Radbod & Maßen gemischt	Zeche Radbod & Maßen gemischt
Unterer Heizwert . kcal/kg	5875	5585
Verheizt im ganzen . . kg	1391	2000
„ . . . . kg/h	348	667
„ auf 1 m² Rostfläche „	138	218[2])
Herdrückstände:		
Im ganzen . . . . kg	136	—
desgl. . . . . vH	9,8	—
Speisewasser:		
Verdampft im ganzen . kg	9500	13700
„ . . . . . kg/h	2375	4567
„ auf 1 m² Heizfläche . . . . „	12,8	24,6
Mittl. Temperatur . . . °C	40	40
Dampf:		
Mittl. Überdruck . . . . at	9,0	9,9
Mittl. Temperatur . . . °C	230	231
Verdampfziffer	6,8	6,9
Abgase vor dem Schieber am Fuchsanfang:		
Mittl. Temperatur . . . °C	335,2	—
CO_2 nach Diagramm . . vH	11,9	—
Zugstärke . . . . mm W.-S.	4,4[3])	—
„ über d. Rost „	1,1	—
Überdruck unter d. Rost „	15,6	—
Temperatur d. Verbrennungsluft . . . . . . °C	18	—
Wärmebilanz:		
Nutzbar gemacht zur Dampfbildung im Kessel und zur Überhitzung . . . . vH	76	80
Verlust in den abziehenden Gasen . . . . . . „	18,4	—
Verlust durch Rückstände, Leitung, Strahlung . . . . „	5,4	—

[2]) bezogen auf 3,06 m² Rostfläche.
[3]) gemessen unmittelbar hinter dem Wasserröhrenbündel beim Eintritt der Rauchgase in den Fuchs; man beachte, wie gering dieser Wert ist

Abb. 12 und 13. Petry-Dereux-Wasserröhrenkessel von 250 m² Heizfläche, 100 m² Überhitzerfläche und 186 m² Vorwärmerheizfläche nach dem Umbau.

Freie ausblasen lassen) ist in der zweiten Spalte enthalten. Ähnliche Beharrungswirkungsgrade an Kesseln dieser Bauart werden oft erzielt, wenn auch der Durchschnitt ungünstiger ist. Insofern bieten die mitgeteilten Zahlen nichts Besonderes.

Anders liegen die Verhältnisse jedoch bei Dauerversuchen, die Leerlaufverluste mit einschließen. In Zahlentafel 2 ist ein solcher Dauerversuch mitgeteilt, der sich über acht aufeinanderfolgende Tage zu je 24 Stunden erstreckte, mit einem Sonntag dazwischen, der in der Zahlentafel nicht erscheint, dessen Brennstoffaufwand aber berücksichtigt wurde. Der erzielte Betriebswirkungsgrad von 77 vH ist für eine Anlage ohne Vorwärmer als ungewöhnlich hoch zu bezeichnen, vergl. Abb. 2, wenn man bedenkt, daß bei Dampfkesseln mit unterbrochenem Betrieb im Mittel kaum 55 vH erreicht werden.

Dieses bemerkenswerte Ergebnis ist wesentlich der Isolierung zu verdanken. Sie verhindert Abkühlung nach außen, so daß die tagsüber vom Mauerwerk aufgenommenen Wärmemengen den Kessel nachts hochheizen. Das hatte kurz nach der Inbetriebsetzung des umgebauten Kessels die scheinbar seltsame Folge, daß der Kesselwasserstand morgens abgesunken war, weil das Sicherheitsventil nachts abblies. Man läßt daher jetzt nachmittags vor Betriebschluß den Dampfüberdruck bei verringertem Brennstoffverbrauch auf 2 bis 3 at sinken, was sich mit der abnehmenden Belastung der Werkdampfmaschine gut verträgt. Damit gelingt es, den nächtlichen

Zahlentafel 2. Dauerversuch am umgebauten Röhrenkessel.

Heizfläche des Kessels 186 m²
Heizfläche des Überhitzers 45 m²
Gesamtrostfläche 3,06 m²
Verhältnis der Rostfläche zur Heizfläche 1 : 61
Brennstoff: Feuchte Feinkohle von Zeche Maßen, H_u im Mittel 7380 kcal/kg.

Tag		Dienst.	Mittw.	Donnst.	Freit.	Sonnab.	Mont.	Dienst.	Mittw.	Mittelwert
Datum		20. 1.	21. 1.	22. 1.	23. 1.	24. 1.	26. 1.	27. 1.	28. 1.	—
Dauer	h	24	24	24	24	20	24	24	24	—
Verheizt im ganzen	kg	4550	4750	4950	4700	2600	4628	4850	4850	—
„ höchstens	kg/h	379	396	412	392	325	386	404	404	—
desgl. auf 1 m² Rostfläche	„	124	129	135	128	106	126	132	132	—
Speisewasser:										
Verdampft im ganzen	kg	40 600	41 400	39 600	39 600	24 400	39 200	41 600	43 600	—
„ höchstens	kg/h	3383	3450	3300	3300	3050	3267	3467	3617	—
desgl. auf 1 m² Heizfläche	„	18,4	18,6	17,5	17,5	16,4	17,6	18,7	19,5	—
Mittl. Temperatur	°C	40	40	37	39,5	36	40	38	41	38,9
Dampf:										
Mittl. Überdruck	at	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Mittl. Temperatur	°C	230	230	235	229	236	230	233	237	232
Verdampfziffer		8,9	8,7	8,0	8,4	9,4	8,5	8,6	9,0	8,7
CO_2-Gehalt der Abgase	vH	13	13	12	12,5	12,5	13	13	13	

Betriebswirkungsgrad

$$\frac{(663{,}2 + 53{,}4 \cdot 0{,}564 - 38{,}9) \cdot 8{,}7}{7380} = 77{,}2 \text{ vH}$$[1].

[1]) Aus den im Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 6 (1925) Heft 3 S. 78 bis 80 angegebenen „Wirkungsgraden" amerikanischer Großdampfkessel mit Kohlenstaubfeuerung, die um 80 vH herum liegen, ist nicht ersichtlich, ob die Leerlaufverluste eingeschlossen sind. Dagegen ist bei den 1240 m²-Kesseln der Milwaukee Electric Railway and Light Co. (vergl. S. 77) als „Beharrungswirkungsgrad" 85,78 vH, als „Betriebswirkungsgrad" 84,74 vH angeführt. Angaben über die Dauer der Betriebsstillstände fehlen auch hier. Die Kessel sind mit Kieselgur isoliert. Der angegebene Wirkungsgrad ist nicht höher als bei dem umgebauten Kessel, wenn man den fehlenden Vorwärmer berücksichtigt.

Zahlentafel 3. Wirtschaftlicher Erfolg des Umbaues.

Brennstoffpreis vor dem Umbau frei Werk	20,50 ℳ/t
Preis für Schlammkohle frei Werk	6,30 „
1 kg Kohle kostet	0,0205 ℳ
1 kg Schlammkohle kostet	0,0063 „
Frühere Verdampfzahl im Mittel	8
Jetzige „ „ „ bei billiger Kohle	6,8
Früherer Dampfpreis	0,256 ₰/kg
Jetziger Dampfpreis	0,093 „
Ersparnis durch den Umbau	0,163 „
Mittl. tägl. Dampferzeugung	35 000 kg
Tagesgewinn 35 000 × 0,163	57,00 ℳ
Jahresgewinn bei 300 Betriebstagen	17 100 „
Nachkalkulation der Umbaukosten rd..	12 000 „

Die Umbaukosten sind in rd. $8^1/_2$ Monaten durch Ersparnisse gedeckt.

Druckanstieg in zulässigen Grenzen zu erhalten, Abb. 8, so daß morgens gleich mit annähernd normaler Kesselspannung angefahren werden kann; nur die Sonntagspause, Abb. 9, macht sich am Montag durch geringeren nächtlichen Wiederanstieg der Spannung bemerkbar.

Der wirtschaftliche Erfolg des Umbaues, den Zahlentafel 3 beweist, ist zu einem erheblichen Teil dem Übergang auf die billige Schlammkohle zu verdanken, die unrichtigerweise oft als minderwertig gilt. Auf zweckmäßigen Feuerungen verbraucht, ist dieser Brennstoff genau so gut, wie jeder andere, aber auf den Wärmepreis bezogen, weitaus billiger.

Infolge der Geldknappheit mußte zur Zeit des Umbaues, der Kessel ist seit Februar 1924 in Betrieb, vom Einbau eines Vorwärmers abgesehen werden. Es werden aber gegenwärtig mehrere Petry-Dereux-Kessel von je 250 m² umgebaut, Abb. 10 bis 13, wo ähnliche Maßnahmen zur Durchführung gelangen und auch Vorwärmer eingebaut werden sollen[1]). [B 334]

[1]) Während der Drucklegung dieses Aufsatzes erschien in Heft 12 der „Wärme" ein Beitrag von Dip.-Ing. Friedr. Ebel über den Einfluß der Betriebsdauer auf den Betriebswirkungsgrad eines mit Kohlenstaub gefeuerten Einflammrohrkessels von rd. 82 m² Heizfläche (Stundenbilanzen), so daß nunmehr auch über Großwasserraumkessel solche Zahlenwerte vorliegen. Leider scheint es dabei nicht unbedenklich, das Einströmen der Wärme vom Nachbarkessel her durch „Annahmen" ausgleichen zu wollen. Offenbar hat der im Betrieb befindliche Nachbarkessel auch zum Ansteigen der Dampfspannung nach Betriebschluß beigetragen.

Elektrisch geheizter Vakuumofen für das metallurgische Laboratorium.

Für metallurgische Forschungsarbeiten braucht man häufig einen Vakuumofen, der gestattet, das Schmelzgut auf 1700 °C zu bringen. Edmund Pakulla[1]) berichtet über einen neuen Vakuumofen, mit dem man auch in neutraler Atmosphäre arbeiten kann. Das Ofengehäuse und der Deckel des Ofens entsprechen der von Alfons Pfeifer-Schiessl[2]) angewendeten Bauweise. Der große Vorteil des Ofens liegt darin, daß Ofengehäuse, Deckel und Turmaufsatz, Abb. 1, aus dem Vollen herausgedreht werden. Als Widerstand für die elektrische Heizung dient Molybdändraht. Bei früheren Versuchen hatte sich das Aufwickeln solchen Drahtes von 1 mm Dmr. auf ein Heizrohr aus „D 4-Masse" der Staatlichen Porzellan-Manufaktur zu Berlin nicht bewährt. Die Heizrohre haben einen verhältnismäßig niedrigen Erweichungspunkt, halten daher den zum Erreichen von 1700 °C im Tiegel nötigen hohen Temperaturen nicht stand, und außerdem zerstört der ziemlich hohe Gehalt an Kieselsäure bei diesen Temperaturen den Heizdraht. Pakulla vermeidet daher das Aufwickeln des Drahtes auf ein feuerfestes Rohr. Er brennt den Heizdraht von Anfang an in eine hoch schmelzende Wärmeschutzmasse ein, deren Erweichungspunkt nicht durch Zufügen von Bindemitteln herabgedrückt wird. Das Verfahren zur Herstellung solcher Heizkörper ist durch DRP 396 397 geschützt. Der Molybdändraht wird in möglichst reine Tonerde so eingebrannt, daß gleichzeitig ein zylindrischer Heizraum für den einzusetzenden Tiegel entsteht. Der hohe Schmelzpunkt des Molybdäns und der Tonerde gestatten, im Tiegel eine Temperatur von 1800 °C und mehr zu erreichen. Versuche mit Wolframdraht und einer dafür geeigneten Wärmeschutzmasse sind noch nicht abgeschlossen.

[1]) Ber. Fachaussch. Ver. D. Eisenhüttenl. Werkstattausschuß-Ber. Nr. 51 vom 10. Oktober 1924.

[2]) Dr.-Ing.-Diss. T. H. Aachen 1922 (nicht gedruckt).

a Kühlwassergehäuse
b Ofenkörper
c Tonerdeschicht
d Heizwicklung
e Saugstutzen
f, g Anschlußklemmen
h Gummiisolierung
i Schauglas
k Stutzen f. Wasserkühlung
l Turmaufsatz.

Wasser

RZ 167 Z1

Abb. 1. Elektrisch geheizter Vakuumofen.

In Abb. 1 bezeichnet *a* das Kühlwassergehäuse aus 1 mm dickem Kupferblech, *b* den Ofenkörper von rd. 4 mm Wanddicke, *c* die Tonerdeschicht, *d* die Molybdändraht-Wicklung, *e* den Saugstutzen; *f* und *g* sind die Anschlußklemmen, *h* ist die Gummiisolierung gegen den Ofenkörper, *k* sind die Stutzen für die Wasserkühlung. Der Turmaufsatz *l* dient zum Schutze des Schauglases *i* aus Quarzglas. Der Flansch des Deckels hat eine ringförmige Erhöhung. Sie paßt in eine entsprechende Vertiefung im Flansch des Ofenkörpers. In diese Vertiefung gießt man flüssiges Paraffin als Abdichtung. Man öffnet und schließt den Ofen durch Einleiten von Dampf in den Deckel. Ein Platin-Platinrhodium-Thermoelement kann man bei mehr als 1300 bis 1400 °C nicht verwenden, weil es von den im Vakuum entstehenden Metalldämpfen zerstört wird. Deshalb gebraucht man am besten ein Ardometer von Siemens & Halske, das man in Verbindung mit einem Registrier-Galvanometer mittels der Fixpunkte Eisen, Nickel, Kupfer und Antimon eicht.

Die Klemmenspannung des Ofens beträgt bei 1700 bis 1800 °C Schmelztemperatur rd. 75 bis 85 V bei rd. 19 bis 17 A, der Leistungsverbrauch also rd. 1,5 kW. Die Anheizdauer beläuft sich auf rd. 1,5 h. Bei mittleren Temperaturen (1400 bis 1500 °C) hat der Heizkörper fast unbegrenzte Lebensdauer, und bei den neuesten Versuchen hielt er bei 1700 ° und darüber ohne Störungen 450 Heizstunden aus.

Magnesiatiegel verdampfen im Vakuum stark und sind für dieses weniger zu empfehlen. Bis zum Schmelzpunkt des Eisens verwendet man Tiegel aus „D 4-Masse". Für höhere Temperaturen eignen sich Tiegel aus Tonerde der Körnung 80 und folgender Zusammensetzung: 90,1 vH Aluminiumoxyd, 5 vH Siliziumdioxyd, 5,99 vH Eisenoxyd, Spuren Magnesiumoxyd und Kalziumoxyd. Tiegel aus Zirkonerde würden sich wohl noch besser bewähren.

Die Hauptabmessungen des Ofens sind:

Ofenkörper	115 × 123 mm² Querschnitt, 250 mm Höhe,
Flanschen	200 mm äußerer Dmr.,
Zylindrischer Deckelteil	60 mm innerer Dmr., 40 mm Höhe,
Turmaufsatz	100 mm Höhe,
Heizraum	35 mm Dmr.

Die beiden kegeligen Stutzen für den Messingbolzen mit Anschlußklemme *f* und den Saugstutzen *e* schraubt man mit Gasgewinde in den Ofenkörper *b* ein und lötet sie dann noch dicht. Zum Abdichten von Saugstutzen, Turmaufsatz und Schauglas dient Picein[3]), eine Siegellackmasse.

Der Ofen schließt so vorzüglich dicht, daß man eine Luftleere von praktisch 0 mm Q.-S. dauernd beibehalten kann; ohne mit einer Gaede-Pumpe dauernd zu saugen, wenn einmal die Wärmeschutzmasse entgast ist. Man kann dann unbedenklich bis 1600 °C schmelzen und braucht nicht mit einem Angriff des Heizdrahtes bei etwaiger schwacher Entgasung der Massen zu rechnen. Erst bei 40 bis 50 mm Q.-S. bilden sich flüchtige Oxyde aus dem Widerstandsdrahte. [M 167] Neufeld.

[3]) Picein stellt die New York-Hamburger Gummiwaren-Co. in Hamburg her.

Das Dampfkesselwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Von Friedrich Münzinger, Berlin.

Vorgetragen in der Fachsitzung „Dampfkesselwesen" der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Augsburg 1925.

(Fortsetzung von S. 778.)

Strahlungsüberhitzer.

Strahlungsüberhitzer, d. h. Überhitzer, bei denen fast die gesamte Wärme durch Strahlung und nicht durch Berührung übertragen wird, sind schon recht verbreitet und gegenüber der in meinem Buche „Amerikanische und deutsche Großdampfkessel" gebrachten Ausführung erheblich verbessert. Die Schamottezungen zwischen den einzelnen Überhitzerelementen zum Schutz gegen allzu große Hitze sind weggefallen, der ganze Überhitzer bietet jetzt dem Feuer eine einzige glatte Fläche, Abb. 14. Die Stahlgußelemente werden vom gesamten Dampf einmal parallel durchströmt. Strahlungsüberhitzer werden meist in der Rückwand des Feuerraumes untergebracht. Flache, nur rd. 20 mm über ihre Fläche vorstehende Dampfbrausen aus feuerbeständigem Metall dienen zum Abblasen von Ruß und Schlackenansätzen. Die neuen 1650 m²-Edge Moor-Kessel in Lakeside haben solche Überhitzer von nur 41 m² Heizfläche mit der gewaltigen Heizflächenbelastung von 90 000 bis 130 000 kcal/m² h, Abb. 12 und 13. Es waren große Schwierigkeiten bis zur heutigen Vollkommenheit zu überwinden; denn zu den Materialschwierigkeiten trat die durch die starke einseitige Beheizung verursachte Neigung der Elemente, sich krumm zu ziehen. Die von mir besuchten Werke und auch andere befragte Stellen waren aber mit den Strahlungsüberhitzern sehr zufrieden. Werden sie hinter normale Überhitzer geschaltet, so ist die Dampftemperatur innerhalb eines weiten Belastungsbereiches nahezu konstant, Abb. 15. Die Vorteile der Strahlungsüberhitzer sind hauptsächlich:

- Wegfall des Zugverlustes,
- einfacherer Aufbau des Kessels,
- leichtes Unterbringen der nötigen Überhitzerheizfläche,
- Schonung oder Wegfall von feuerfestem Mauerwerk,
- Möglichkeit, die Überhitzung bei zu kleinen Berührungsüberhitzern nachträglich zu erhöhen, was besonders bei älteren Kesseln oft erwünscht ist.

Gekühlte Feuerungen.

Wohl das hervorragendste Kennzeichen des heutigen amerikanischen Dampfkesselbaues ist der weitgehende Ersatz der Ummauerung von Feuerräumen durch Heizflächen. Es wäre nicht zu verwundern, wenn über kurz oder lang dieses Bestreben zu einer grundlegenden Änderung des Aufbaues der Wasserrohrkessel überhaupt führen würde. Wie auf so vielen Gebieten, sind auch hier ähnliche Bestrebungen schon vor langer Zeit aufgetreten. Am originellsten in dieser Hinsicht war wohl vor etwa 14 Jahren Bettington.

Abb. 15. Verhalten eines vereinigten Strahlungs-Berührungs-Überhitzers.

Die Strahlungsüberhitzer dürften aber der erste bewußte Versuch in neuerer Zeit sein, Mauerwerk durch Heizfläche zu ersetzen oder mit anderen Worten, den Feuerraum zu kühlen. Der nächste Schritt waren doppelte Feuerraumwände, durch die ein Teil der Verbrennungsluft hindurchgeleitet wird. Dann kamen die Kühlroste zum Abschrecken geschmolzener Asche von Kohlenstaubfeuerungen, die gleichfalls kühlen und die Ausmauerung des Bodens der Feuerung schonen. Endlich wurden Teile der Rückwand und etwas später auch der Seitenwände mit Kühlflächen belegt, die in den Wasserumlauf des Kessels eingeschaltet sind und entweder aus glatten Wasserrohren oder aus Rohren mit zwei seitlichen Falzen bestehen (fin furnace von Murray). H. Kreisinger hat mit seiner Meinung, Kohlenstaubfeuerungen würden erst dann ein voller Erfolg werden, wenn der Kessel um die Feuerung herumgebaut und der Feuerraum ganz in Heizfläche eingeschaltet wird, m. E. vollkommen recht.

Ummantelung des Feuerraumes mit Heizfläche hat folgende Vorteile:

1. Die Feuerraumtemperatur wird beträchtlich herabgesetzt,
2. empfindliches Mauerwerk fällt weg oder wird geschont,
3. die wirksamste Heizfläche wird größer,
4. die Ausstrahlverluste des ausgedehnten Feuerraumes werden verringert.

Abb. 16 bis 20 zeigt den Feuerraum eines Wasserrohrkessels mit Unterschubrosten nach einer Ausführung der Power Specialty Co. Die Seitenwände bestehen aus Elementen, die denen der Strahlungsüberhitzer ähneln und durch die das Kesselwasser kreist. Auch durch die Elemente auf der Rückseite des Schlackenfalles, die das gefährdetste Mauerwerk ersetzen, fließt Kesselwasser. Den übrigen Teil der Rückwand bildet der Strahlungsüberhitzer. In den neueren Babcock-Kesseln im Cahokia-Kraftwerk und im Cecil-Heizkraftwerk sind die Seitenwände, die Rückwand und der Aschenfall durch in den Umlauf des Kessels eingefügte Wasserrohre geschützt, Abb. 21 und 22. Der Boden des Aschenfalles wird manchmal mit Hohlsteinen gepflastert, durch welche die 15 bis 20 vH der Verbrennungsluft gesaugt werden, die für das Einblasen des Kohlenstaubes erforderlich sind.

Abb. 14. Ansicht des 41 m²-Strahlungsüberhitzers eines 1650 m²-Edge Moor-Kessels im Lakeside-Kraftwerk (s. Abb. 12 und 13, S. 778).

1 Kühlrost 2 Strahlungsüberhitzer 3 Dampfbrausen.

Abb. 19. Schnitt C–D

1 bis 3 Wasserzufuhr zu den seitlichen Kühlelementen
4 seitliche Kühlelemente
5 u. 6 Steigrohre für 14 u. 15
7 Rücklaufrohre für die Kesselrohre
8 bis 10 Sattdampfzufuhr zum Strahlungsüberhitzer
11 Strahlungsüberhitzer
12 Entnahmerohr für überhitzten Dampf
13 u. 14 Wasserzufuhr zu 15
15 Kühlfläche im Schlakenfall
16 Sammelrohr zu 15
17 Oberkante des Unterschubrostes
18 Kohlentrichter.

Abb. 16. Abb. 17. Schnitt A–B

Abb. 18. Ansicht in Richtung X.

Abb. 20. Schnitt E-F

Abb. 16 bis 20. Sektionalkessel mit gekühltem Feuerraum.

Solche Kühlflächen vertragen sich ausgezeichnet mit der Verwendung hochvorgewärmter Luft und bringen vielleicht die endgültige Beseitigung der Mauerwerkschwierigkeiten, die drüben viel unangenhmer empfunden werden als Anstände durch das Speisewasser, die sich nach amerikanischer Auffassung leicht vermeiden lassen. An einem der mit Unterschubrosten ausgestatteten 1478 m² - Springfield - Kessel in Hellgate wurde nach Einbau seitlicher Murray-Kühlelemente die Rostbelastung auf 510 kg/m² h, die Heizflächenbelastung des Kessels auf 98 kg/m² h getrieben. Hierbei betrug die Pressung des Unterwindes 150 mm WS und der Zugverlust von Kessel, Überhitzer und Rauchgasvorwärmer 130 mm W.-S.

Trotz der Erfolge der Kühlflächen soll aber eine bedeutende Kesselfirma eine sehr große Summe für die Schaffung eines feuerfesten Steines aufgewandt haben, der weit widerstandfähiger als die jetzt üblichen sein soll. Ferner hat die Drake Non-Clinkering Furnace Block Co. kürzlich Schamottesteine mit einem Karborundumüberzug für Roste und Staubfeuerungen auf den Markt gebracht, nachdem sich massive Karborundumsteine nicht bewährt hatten, da sie nicht genügend durchgebrannt werden konnten und zu teuer waren, Abb. 23 und 24. Der Schmelzpunkt der Karborundumschicht wird mit 2258 °C gegenüber 1650 bis 1790 °C von Schamottesteinen angegeben, ihre Wärmeleitfähigkeit ist rd. achtmal höher. Karborundumsteine sollen gegen Abschleifen durch die Kohlenschicht auf dem Rost überaus widerstandfähig sein und auch das Anbacken von Schlacke verhüten, sind aber angeblich 20 mal teurer als normale Schamottesteine. Asche mit hohem Gehalt an Eisenoxyden sollen sie nicht vertragen.

Selbsttätige Feuerführung.

Apparate für das selbsttätige Anpassen der Brennstoffzufuhr an die Dampfentnahme sind weit verbreitet und werden auch in ganz großen Kraftwerken viel benutzt. Sie sind insbesondere für Kessel mit Kohlenstaubfeuerungen vorteilhaft. Die drei bedeutendsten Systeme sind die der Hagan Corporation, der Smoot Engineering Corporation und der Bailey Meter Co. Die Verstellung des Rostvorschubes, der Geschwindigkeit der Saugzug- und Unterwindventilatoren usw. durch die Regulierapparate erfolgt durch Servomotoren und Wasser, Preßluft oder Öl als Kraftübertragungsmittel. Die Bailey-Regulatoren sind jüngeren Datums und arbeiten völlig elektrisch.

Bei allen Bauarten verstellt für einen bis acht Kessel ein gemeinsamer Hauptregler, auf den der Kesseldruck einwirkt, die zugeführten Brennstoffmengen und die Zugstärken. Damit sich die Last auf die verschiedenen Kessel gleichmäßig verteilt, gleichgültig ob die Roste gleichen Widerstand haben oder nicht, erhält jeder Kessel noch einen Nebenregler, der die Luftklappen in den Unterwindkanälen betätigt und in den Feuerräumen sämtlicher Kessel gleichbleibenden Unterdruck einstellt. Dauernd richtige Mischung von Verbrennungsluft und Brennstoff kann aber auch erzielt werden, indem lediglich die zugeführten Kohlen durch den Hauptregler verändert und die Luftzufuhr von einem Apparat geregelt werden, auf den die Menge des erzeugten Dampfes einwirkt.

Die Apparate, insbesondere die rein elektrischen, sind recht verwickelt, aber vorzüglich durchdacht und gebaut. Die bei uns üblichen, ähnlichen Zwecken dienenden Vorrichtungen halten mit guten amerikanischen Systemen keinen Vergleich aus. In einem Kohlenstaubkraftwerk stellte z. B. der Regler den CO_2-Gehalt der Rauchgase bei hoher Belastung etwas niedriger als bei tiefer ein, damit der Luftüberschuß dauernd möglichst gering ist, ohne daß bei hoher Belastung die Feuerraum-

Abb. 21. 3040 m²-B. & W.-Sektionalkessel mit gekühltem Feuerraum im Cecil-Heizkraftwerk in Pittsburgh.

1 Obertrommel
2 u. 3 Fallrohre für 4 u. 6
4 Kühlrost
5 Verbindung zwischen 4 u. 6
6 Kühlfläche für Rückwand
7 u. 8 Steigrohre für 4, 6 u. 10
9 Wasserzufuhr zu 10
10 seitliche Kühlfläche
11 u. 12 Steigrohre für 10
13 Kühlluftkanäle im Boden der Aschentrichter
14 Zutritt der in 13 vorgewärmten Luft zu 15
15 Ventilator für Primärverbrennungsluft
16 u. 17 Warmluftleitungen zum Einblasen des Staubes
18 Staubzuteilschnecke
19 Staubeinblaseleitung
20 Brenner
21 Unterstützung der Verbrennungskammer und des Kessels
22 Ausdehnschlitz
23 Kühlluftkanäle in der Stirnwand des Feuerraumes.

Abb. 22. Schnitt durch das Cecil-Heizkraftwerk in Pittsburgh.

1 Feuerraum
2 luftgekühlte Aschentrichter
3 Ventilatoren für Einblaseluft des Staubes (saugen Luft durch 2)
4 u. 5 Sammelleitungen für vorgewärmte Einblaseluft
6 Anschluß von 5 an 7
7 Zuteilschnecken für den Staub
8 Einblaseleitung
9 Brenner
10 Kühlrost
11 rückwärtige Kühlfläche
12 Fuchs
13 Flugaschenabscheider
14 Schornstein
16 Staubbunker
17 Rohkohlenwagen
18 u. 19 Fördereinrichtung für die Rohkohle.

temperaturen gefährlich ansteigen. Abb. 25 zeigt das Schaltbrett für eine selbsttätige Bailey-Regleranlage.

Weit verbreitete Betriebsinstrumente für Dampfkessel sind die Bailey-Kesselmesser, die auf demselben Blatt (das der besseren Übersichtlichkeit und der einfacheren Aufbewahrung wegen stets rund ist) die Dampfentnahme und Rauchgasmenge dicht hintereinander aufzeichnen. Letztere wird im Zugverlust zwischen Feuerraum und Kesselende gemessen. Der Messer wird nun für einen Punkt so abgestimmt, daß sich bei guter Feuerführung die beiden Angaben fast decken. Sie müssen dies dann auch bei allen andern Belastungen tun, wenn der CO_2-Gehalt der Rauchgase annähernd gleich bleibt. Sehr häufig werden auf dasselbe Blatt noch der Kesseldruck, die Dampftemperatur und andre wichtige Werte aufgeschrieben, Abb. 26 bis 28.

Abb. 26 bis 28 zeigen Aufzeichnungen von Bailey-Kesselmessern aus demselben Kraftwerke, Abb. 26 stammt von einem Wanderrostkessel ohne und Abb. 27 von einem Kohlenstaubkessel mit selbsttätiger Feuerführung. Die von Hand regulierten Wanderrostkessel nehmen die Grundlast, die Kohlenstaubkessel die Spitzen auf. In Abb. 26 erkennt man die Verstellung von Hand deutlich in den nur gelegentlich und sprungweise auftretenden Veränderungen der Luftmenge. Dampf- und Rauchgasmenge decken sich daher öfters nicht, wodurch der Wirkungsgrad des Kessels zurückgeht. Abb. 27 zeigt die gute Anpassung der Luftmenge an die Dampfmenge trotz dauernder heftiger Belastungsänderungen bei selbsttätiger Regelung. Der Dampfdruck bleibt nahezu gleich. Mehrere große Werke, darunter Lakeshore, Lakeside und Cahokia, rüsten jetzt alle Kessel mit solchen Apparaten aus. In Lakeshore wurde, um mir ihre Wirksamkeit zu zeigen, einer der Regulierapparate einige Zeit ausgeschaltet und die Brennstoffzufuhr absichtlich falsch eingestellt. Nachdem der Apparat wieder in Tätigkeit gesetzt war, war in kürzester Frist alles in bester Ordnung. Selbsttätige Regler können bei mechanischen Rosten ebenso benutzt werden wie bei Staubfeuerungen. Auch mit den andern Bauarten waren die meisten Werke rech zufrieden und hielten es für ausgeschlossen, daß bei dauernden heftigen Belastungswechseln selbt ein aufmerksamer und tüchtiger Heizer dasselbe leisten könne.

Die Kontrollinstrumente und die selbsttätigen Feuerungsregler sind teuer und verlangen sachverständige Wartung. Da man bei kleinen Kesseln im wesentlichen dieselben Apparate wie bei sehr großen braucht, sind wenige große Kessel zahlreichen kleinen aus einem weiteren Grund überlegen. Hierzu kommt noch, daß die Aufzeichnungen der Kontrollapparate um so schneller und billiger ausgewertet werden können, je weniger Blätter bearbeitet werden müssen.

Abb. 23. Schamottestein mit Karborundumschicht und Öffnungen zum Einblasen von Kühlluft.

1 Schamottestein
2 Luftdüse
3 Nute zum Schutz gegen Anbacken der Schlacke
4 Karborundumschicht.

Abb. 24. Karborundumstein mit Kern aus Schamotteplatten.

5 Schamotteplatten
6 Karborundumüberzug.

Die amerikanischen Feuerungsregler sind bereits heute auf einer so hohen Entwicklungsstufe angelangt, daß meines Erachtens der Zeitpunkt nicht mehr fern ist, wo große Kesselhäuser, insbesondere solche mit Staubfeuerungen, ähnlich selbsttätig arbeiten werden wie etwa eine Kraftmaschine. Je schwieriger die Arbeiterfrage wird, um so wertvoller ist es, daß Apparate alle verwickelten Arbeiten leisten, so daß die Bedienung nur noch auf wenige einfache, leicht anzulernende Handgriffe beschränkt ist. Alle diese Gründe zeigen die große Bedeutung der Geräte für selbsttätige Feuerführung.

Abb. 25. Schalttafel für selbsttätige Feuerführung, Bauart Bailey, im Lakeshore-Kraftwerk.

Der Kessel ist als Doppelenderkessel mit beiderseitiger Beheizung gebaut. Deshalb sind alle Apparate doppelt angeordnet.

1 Handräder zum Verstellen der Kohlenzufuhr
2 Amperemeter für Kohlenstaub-Zufuhrmotoren
3 Amperemeter für Saugzugmotoren
4 Bailey-Kesselmesser (4 mißt gesamte Dampfmenge und Rauchgasmenge)
5 Bailey-Messer (5 mißt Dampfmenge und Rauchgasmenge für eine Kesselhälfte)
6 Selbstschreibendes Thermometer für Rauchgastemperaturen
7 Selbstschreibendes Thermometer für überhitzten Dampf und Speisewasser
8 Überdruck der Einblaseluft
9 Zugstärke im Feuerraum
10 Zugstärke vor Ekonomiser
11 desgl. hinter Ekonomiser
12 Umdrehungszahl der Saugzugventilatoren
13 Knopf zum Einschalten der Saugventilatoren in die selbsttätige Feuerungskontrolle
14 Knopf zum Einschalten der selbsttätigen Feuerungsregler
15 Knopf zum Ein- und Ausschalten der einzelnen Brenner
16 Knopf zum Ein- und Ausschalten der Saugzugmotoren
17 Signallampe zur Anzeige, ob Saugzugmotoren stehen oder laufen.

Wissenschaftliche Untersuchungen an Dampfkesseln.

Von den amerikanischen Arbeiten aus dem Dampfkesselwesen sollen hier nur zwei flüchtig gestreift werden.

Bei den eingehenden Untersuchungen der Kessel für die Einheitsschiffe wurde auch ihr Wasserumlauf bei verschiedenen Belastungen untersucht[1]). Nach Abb. 29 kehrt er seine Richtung bei der betreffenden Belastung in der siebenten Rohrreihe um. Diese Erscheinung war bereits aus deutschen, vor etwa 17 Jahren ausgeführten Versuchen bekannt. Man hatte aber in Deutschland hieraus den falschen Schluß gezogen, die Umkehr sei schädlich und hatte daher nur so viel Rohrreihen für zulässig gehalten, daß das Wasser in allen Rohren aufwärts fließt. Dies ist m. W. letzten Endes der Hauptgrund, weshalb deutsche Wasserrohrkessel nur acht Rohrreihen haben. Tatsächlich war die Beschränkung verfehlt, denn sowohl die amerikanische wie die deutsche Praxis haben mittlerweile überzeugend bewiesen, daß bei sonst richtiger Bemessung die Richtungsumkehr des Wassers nicht nachteilig ist. Ein Teil des in den vorderen Wasserkammern hochsteigenden Gemisches strömt nach Abgabe seines Dampfgehaltes, der mit dem Rest zum Oberkessel abzieht, nur deshalb durch die oberen Wasserrohre unmittelbar zur hinteren Wasserkammer, weil der Widerstand dieses Weges kleiner ist. Es finden also zwei parallele Wasserumläufe statt, einer über die Obertrommel, der gleichzeitig den entwickelten Dampf aus dem Rohrsystem ableitet, ein zweiter durch die oberen Wasserrohre.

Man sieht daraus, wie vorsichtig man in der Auslegung von Versuchen sein muß und wieviel wichtiger als „wissenschaftliche" Untersuchungen häufig Probieren ist. Dadurch, daß die Amerikaner nicht dem gleichen Irrtum verfielen, haben sie frühzeitig Dampferzeuger großer Heizfläche gebaut, die billiger sind und die Wärme besser ausnutzen als unsre achtreihigen kleinen Kessel.

So aufschlußreich weitere Untersuchungen über den Wasserumlauf an Kesseln verschiedener Bauart sein können, wenn sie von Ingenieuren gemacht werden, die genügend Fähigkeit zu ihrer Durchführung und kritischen Auswertung haben, so fraglich wäre es, ob die Erfüllung des in letzter Zeit vereinzelt laut gewordenen Wunsches, sie ähnlich wie Versuche zum Nachweis des Wirkungsgrades in die Normen für Kesselversuche aufzunehmen, etwas nützen würde. Da ein Anhalt dafür, ob der Wasserumlauf „normal" ist, fehlt, könnte, von andern Gründen abgesehen, eine Unsicherheit und Willkür in der Abnahme von Dampfkesseln entstehen, die gegenüber den jetzigen Verhältnissen schwerlich ein Fortschritt wäre.

Die Amerikaner führen die Zugscheidewände vielfach durch das ganze Rohrbündel hindurch, um tote Ecken

[1]) Tests of marine boilers, Washington 1924.

Abb. 29. Wasserumlauf in einem Schrägrohrkessel der amerikanischen Einheitsschiffe.

Abb. 26. Aufzeichnung des Bailey-Messers an einem mit Wanderrosten ausgestatteten Kessel ohne selbsttätige Feuerführung. (Abb. 26 bis 28 sind am selben Tag und im selben Werk entnommen.)

zu vermeiden, hohe Gasgeschwindigkeiten zu erzielen und die Heizfläche möglichst gut durch die Rauchgase zu bespülen. Beispiele hierfür sind die Edge Moor-Kessel in Lakeside, Abb. 12 und 13, und der für Beheizung durch arme Hochofengase bestimmte Babcock-Kessel, Abb. 30. Bei vielen großen Steilrohrkesseln werden die Rauchgaswege gleichfalls möglichst lang gemacht. Abb. 31 zeigt die durch lange Gaswege und hohe Gasgeschwindigkeit erzielbare vorzügliche Heizflächenausnutzung von Kessel und Ekonomiser. Freilich haben solche Kessel für unsere Begriffe sehr hohen Zugverlust; gehen doch die Amerikaner bei Heizflächenbelastungen von 60 bis 70 kg/m² h (bezogen auf 539 kcal/kg Erzeugungswärme) bis auf 175 mm W.-S. Wir legen noch zu großen Wert auf möglichst geringen Zugverlust, weil wir uns nicht genügend klar machen, daß hoher Widerstand und große Heizflächenleistung untrennbar voneinander sind. Es ist ein Verdienst von Dr. Hans Thoma, in seinem Buche „Hochleistungskessel" den theoretischen Zusammenhang zwischen Wärmeübergang und Zugverlust gezeigt und zu einer Überlegung darüber angeregt zu haben, wie weit man mit dem Zugverlust gehen soll. Besonders bei großen Kesseln für Spitzenkraftwerke sollte man genau prüfen, ob es nicht wirtschaftlicher ist, die Heizflächenleistung auf Kosten größeren Zugverlustes und höheren Kraftbedarfes für die Saugzugventilatoren zu steigern. Natürlich kann nur der in der eigentlichen Heizfläche verursachte Zugverlust die Wärmeübertragung erhöhen, nicht aber Zugverluste an Umkehr- und Übergangstellen, außerhalb des Röhrenbündels, die daher so klein wie möglich gehalten werden müssen.

Die Wasserverbindungsquerschnitte zwischen den Obertrommeln amerikanischer Steilrohrkessel sind vielfach ungenügend. Bei einigen sehr großen Kesseln, mit denen man im Betrieb übrigens sehr zufrieden war, war in der hinteren Obertrommel überhaupt kein Wasser. Man bedauerte dies aber lediglich wegen des Verlustes an Heizfläche. Sorgen wegen der Trommel und der Rohre hatte

Abb. 27. Aufzeichnung des Bailey-Messers an einem mit selbsttätiger Feuerführung ausgestatteten, mit Kohlenstaub beheizten Steilrohrkessel.

Abb. 28. Durch Eintragung der Temperaturen des Speisewassers, des überhitzten Dampfes und der Rauchgase ergänzte Abb. 27.

p	Dampfüberdruck	at
ϑ'	Dampfmenge	kg/m² h
$t_{ü}$	Dampftemperatur	°C
t_w	Speisewassertemperatur am Austritt aus dem Vorwärmer	„
t_{g_1}	Rauchgastemperatur hinter dem Kessel	„
t_{g_2}	Rauchgastemperatur hinter dem Vorwärmer	„

Abb. 30. Babcock & Wilcox-Sektionalkessel für Beheizung mit armen Hochofengasen.

1 Verbindungsnippel zwischen der unterteilten Sektionen
2 Anschlußnippel der Sektionen an die Obertrommel
3 Aufhängung des Kessels 4 Aufhängung des Überhitzers.

Abb. 32. Steilrohrkessel der Heine Boiler Co.

1 Kühlbalken in den seitlichen Mauerwerkwangen
2 Fallrohr für 1 3 Steigrohr für 1
4 Überhitzer
5 an die mittlere Obertrommel angeschlossene Wasserrohre des ersten Rohrbündels
6 Steigrohr von 7
7 wassergekühlte Abschlußrohre für Wanderrost
8 Fallrohr für 7.

Abb. 33. Kidwell-Steilrohrkessel.

man nicht. Zur Entlastung der Wasserquerverbindungen zwischen den Obertrommeln schließt daher die Heine Boiler Co. einen Teil der Rohre des vordersten Bündels an den zweiten Oberkessel an, Abb. 32. Kidwell nimmt aus denselben Gründen nur eine einzige Obertrommel, Abb. 33, und Ladd zwingt das Wasser durch Einbauten im hinteren Unterkessel, stets das ganze hintere Rohrbündel anzufüllen.

Bei Versuchen über den Wärmedurchgang an einem 200 m²-Kessel mit Planrost wurden u. a. für die Wandungstemperaturen der Wasserrohre folgende Werte festgestellt[1]):

Belastung der Kesselheizfläche, bezogen auf 539 kcal Erzeugungswärme, kg/m²h	15,6	21,5
Sättigungstemperatur des Kesselwassers laut Manometeranzeige . . °C	173,5	174,6
Durch Thermometer gemessene Temperatur des Wassers im Wasserrohr . . . . „	173,5	173,8
Temperatur der Innenwandung des Rohres . . . . „	177	181,3
Temperatur der Außenwandung des Rohres . . . . „	201,5	207,5

Würde man mit einer Wärmeleitzahl des Eisens von 51 kcal/mh °C rechnen, so ergäbe sich an den Meßstellen eine stündliche Wärmeaufnahme von 390 000 bzw. 420 000 kcal/mh. Selbst wenn man in Betracht zieht, daß der dem Feuer zugewendete Rohrumfang erheblich

[1]) Heat transmission through boiler tubes. Von H Kreisinger und T. F. Barkley. Bureau of Mines, 1915.

Belastung von 1 m² Kesselheizfläche in kg/m²h (bezogen auf 539 kcal/kg Erzeugungswärme)

Abb. 31. Versuchsergebnisse an den mit Kohlenstaubfeuerungen ausgestatteten Edge Moor-Kesseln im Lakeside-Kraftwerk.

mehr Wärme aufnimmt als der abgewendete, so liegen diese Werte weit über dem Betrage, mit dem wir als Höchstbelastung zu rechnen gewohnt sind. Möglicherweise war die Wanddicke des Rohres an der Meßstelle zu klein eingesetzt worden und der Wärmeabfluß durch das Thermoelement gestört. Es wäre zu wünschen, daß die Anstrengung der höchstbelasteten Wasserrohre durch genaue Messungen bestimmt und gleichzeitig untersucht würde, wieviel Wärme der dem Feuer zu- und der abgewendete Rohrumfang aufnehmen. [B 222] (Forts. folgt.)

Die Ausbildung des Nachwuchses im Maschinenbau.

Auf der Hauptversammlung des Vereines deutscher Werkzeugmaschinenfabriken am 15. Mai 1925 im Ingenieurhause zu Berlin forderte Dr.-Ing. eh. Huhn in seinem Vortrag über die „Anwendungsmöglichkeiten neuer amerikanischer Arbeitsmethoden" im deutschen Werkzeugmaschinenbau, daß Hersteller und Verbraucher von Werkzeugmaschinen eng zusammenarbeiten müßten, um gemeinsam die Fragen der Rationalisierung der Arbeitsverfahren zu lösen. Die Tatsache, daß die Maschinen der immer verwickelter werdenden Fertigung angepaßt sein müssen, verlangt deren höchste Ausnutzung und viele tüchtige Facharbeiter und Ingenieure. Die Fragen der Ausbildung standen daher auch im Mittelpunkt der Hauptversammlung.

Die Ausführungen von Prof. Dr.-Ing. Riebensahm über „Körper und Geist in den amerikanischen Fabriken" und von Prof. Dr.-Ing. eh. Aumund über „Ausbildung der amerikanischen technischen Jugend" sowie die Beiträge von Obering. Arnhold und Prof. Dr.-Ing. Schlesinger in der Aussprache lassen sich wie folgt zusammenfassen:

In amerikanischen Betrieben fällt jedem deutschen Beobachter die von der unsern wesentlich verschiedene Arbeitsweise auf. Steigerung der Erzeugung ist Trumpf. Man arbeitet mit großer Arbeitsintensität, mit Lust und Liebe („Arbeit als Spiel und Leidenschaft"). Unternehmer und Arbeiter ziehen an einem Strange.

Arbeit und Sport.

Dies wird erreicht durch die Anspornung des Willens zu Rekordleistungen (Tafeln der besten Leistungen, der Vergleiche gegenüber dem Vorjahr usw.), durch Sportbetätigung und Anwendung seiner Wirkungen bei der täglichen Arbeit, durch einen freundlichen, durch keinen Klassenkampf getrübten Umgang, gefördert durch das feine Gefühl des Amerikaners für menschliche Eigenschaften und durch seine Achtung vor jedem andern Menschen.

In Deutschland können wir eine größere Arbeitsintensität nur durch andre Einstellung zur Arbeit erzielen. Die Leistungsfähigkeit hängt von der körperlichen Arbeit ab. Daher ist durch Sport der Körper zu schulen. Sport bildet den Körper harmonisch und gestattet ihm Leistungen, die über den Durchschnitt hinausragen. Die Beseelung der Arbeit wird nicht erreicht durch eine mehr oder weniger große Zahl von Arbeitsgängen oder durch Gedanken über den Zusammenhang der ganzen Arbeit, sondern viel eher durch eine sportliche Beseelung, wie sie dem Amerikaner eigen ist, der seine tägliche Arbeit als Vorübung für die abendliche sportliche Betätigung ansieht. Der Rekordbegriff spornt weiter zu dem Streben an, die körperliche Leistung stets zu steigern.

Die Einführung dieser Ideen, die Erziehung des Arbeiters zum selbständigen, körperlich geschulten, arbeitsfrohen Menschen begegnet in Deutschland außerordentlichen Schwierigkeiten. Immerhin weisen Beispiele bereits recht erfreuliche Erfolge auf, so daß jeder Arbeitgeber den Sport als Mittel zur Steigerung der Gesamtleistung weitgehend fördern sollte.

Die Ausbildung des Lehrlings

soll drei Ziele verfolgen, ihn

1. zu einem tüchtigen Facharbeiter,
2. wendig, anpassungsfähig an alle Verhältnisse,
3. zu einem arbeitsfrohen, anständigen Menschen machen.

Die Fachausbildung wird den Lehrjungen durch die Werkschulen vermittelt, die heute bereits in vielen Werken mit großem Nutzen bestehen. Es hat sich gezeigt, daß den Lehrlingen ein „Arbeitssport" — Sport in der betriebsmäßigen Arbeit, z. B. Hindernislaufen mit gefüllten Gießpfannen, Zielgießen mit Pfannen u. drgl. — eine gleiche Freude bereitet wie auch der allgemeine, stark gepflegte Sport. Die Sorge um das Wohl und Wehe des eigenen Werkes ist den Lehrlingen erfolgreich eingepflanzt worden durch das Streben jedes einzelnen, daß sich die Werkschule ohne Almosen des Werkes selbst erhält. Bei Neuanschaffung von Maschinen werden sie zur Beratung über die anzuschaffenden Erzeugnisse, zu den Anfragen; zur Beurteilung der Angebote usw. mit herangezogen. Auf diese Weise ist die ankommende Maschine nun nichts Totes mehr und jedem in seiner Leistungsfähigkeit vertraut. Jeder trachtet danach, aus ihr auch die höchste Leistung herauszuholen. Nicht zu unterschätzen ist auch die Erziehung zur Achtung auf die Kleidung, Sauberkeit und Haltung, was unwillkürlich auch auf das Innenleben vorteilhaft einwirkt.

Fürsorge für die Arbeiterschaft.

Nicht nur den eigentlichen Lehrlingen, sondern auch allen übrigen jugendlichen Arbeitern sollte man die Vorzüge dieser Schulung eine Zeitlang zugutekommen lassen. Der Erfolg dieser Ausbildung ist wesentlich abhängig von der Persönlichkeit des Lehrers, dessen ganzes Herz und ganze Zeit dienstlich wie außerdienstlich seinen Zöglingen gehört.

Wenngleich bei ältern Arbeitern die Erziehung zu größerer Arbeitsintensität, zu andrer Einstellung zur Arbeit und zum Unternehmer infolge der Tradition, des Krieges, der Nachkriegzeit mit ihren sozialen Kämpfen und infolge der Eigenart der Deutschen viel schwieriger ist, so gibt es auch hier Möglichkeiten zu einer Besserung. Die sportliche Betätigung wird auch bei ihm seine gute Wirkung nicht verfehlen.

Soll der Arbeiter zu intensiverer Arbeit angespornt werden, dann muß ihm ein Ziel für seinen Lebensabend geboten werden. Als solches kann ihm wohl kaum die Invalidenrente benannt

Übersichtstafel 1. Pläne für Studium (S) und praktische Arbeit (A) in Amerika.

Jahr	1			2			3			4			5		
Studium ohne praktische Arbeit	S	S	—	S	S	—	S	S	—	S	S	—	—	—	—
„ mit praktischer „	S	S	—	S	S	A	S	S	A	S	A	—	A	S	—
„ „ „ „ neu geplant	S	S	—	S	S	A	S	S	A	S	A	A	A	S	—

Übersichtstafel 2. Pläne für Studium (S), praktische Arbeit (A) und Vorbereitung zum Examen (V) in Deutschland.

Jahr		1			2			3			4			5	
wahlfrei { Bisheriger Plan	A	S	S	A	S	S	V	S	S	A	S	S	–	—	—
wahlfrei { Zukünftiger „	A	S	S	A	S	S	V	S	S	A	A	A	A	S	—

werden, die ihm mit 65 Jahren 13,50 *M* im Monat einbringt. Aber auch hier zeigt ein Beispiel einen Weg: Gründung eines Alters- und Invaliden-Werkes als G. m. b. H., die die nicht mehr voll arbeitsfähigen Arbeiter noch in den gesamten Herstellprozeß nach Kräften einstellt, ihnen die Überzeugung gibt, daß sie auch mit schwachen Kräften noch recht nützlich sein können und die ihnen in dem betreffenden Falle 135 *M* im Monat einbringt. Dies wird erreicht durch enges Zusammenarbeiten mit den Magazinen eines Werkes. Aus Abfällen werden neue Gebrauchsgegenstände hergestellt, Ausbesserungen werden durchgeführt, Anzüge geschneidert und sonstige nützliche Arbeiten für das Werk oder für andere verrichtet, deren Ertrag die geldliche Grundlage der Einrichtung darstellt.

Bei ernstem Willen lassen sich noch viele Wege finden, in die Arbeiterschaft einen andern Geist hereinzubringen, der auch sie selbst glücklicher und zufriedener macht, eine Aufgabe, deren Zusammenfassung und Auswertung für die verschiedenen Industriezweige von großer Tragweite für die Zukunft ist.

Das höhere technische Schulwesen[1]).

Bezüglich der Heranbildung des Ingenieurnachwuchses bietet Amerika manche Anregungen für uns, wenngleich wir uns vor Übernahme der dortigen Verhältnisse infolge wesentlich verschiedener Grundlage hüten müssen. Die Freiheit des Studiums in Deutschland sollte unter allen Umständen gewahrt bleiben.

Für die gesamte höhere Bildung sind in Amerika 150 Universitäten vorhanden, denen fast überall technische Abteilungen (Maschinenbau, Bauingenieurwesen, Elektrotechnik, oft auch Chemieingenieurwesen, seltener Architektur) angegliedert sind. In den Gemeinschaftsschulen, die die Schüler bis zu ihrem vierzehnten Lebensjahre besuchen, bleiben die Schüler gegen die unsern um zwei Jahre zurück, so daß sie in den high-schools, die sie bis zum achtzehnten Jahre besuchen, nicht das Ziel unsrer Mittelschulen erreichen. Die Folge hiervon ist, daß die Universitäten mit niedrigerer Stufe beginnen als bei uns, und daß daher für den umfangreichen technischen Lehrstoff drüben noch weniger Zeit zur Verfügung steht als auf den deutschen Technischen Hochschulen. Die Ingenieurausbildung geht daher auch bei weitem nicht so ins einzelne wie bei uns.

Beachtenswert ist, daß von Beginn des Studiums an Englisch und militärischer Drill betrieben wird. Der militärische Drill erstreckt sich auf Übungen im Exerzieren mit Gewehren, zum Teil mit Artillerie und Pferden, und soll neben dem außerdem sehr scharf betriebenen Sport der Stärkung des Selbstgefühls und gewandter Bewegung dienen. Man wirft auch in Amerika zum Teil die Frage auf, ob der Sport in der jetzigen Durchführung nicht zu viel Geld koste und dem Studium zu viel Zeit raube; denn fast jede Universität besitzt ein großes Stadion, das aus den Eintrittgeldern unterhalten wird.

Die Ausbildung der Konstrukteure steht hinter der unsern zurück, wie auch die ganze wissenschaftliche Ausbildung in den normalen Studienjahren nicht auf der Höhe steht wie bei uns; Grund genug, unserseits gerade auf die wissenschaftliche Ausbildung weiterhin besondern Wert zu legen. In einzelnen Fällen folgt zwar noch eine weitere Ausbildung in Kursen für Fortgeschrittene, jedoch erscheint eine Einschränkung der Spezialisierung schon während des Studiums sehr zweckmäßig, zumal die Industrie doch die Hauptausbildung in einem Spezialgebiet geben muß.

[1]) Vergl. A. Nägel Z. Bd. 69 (1925) Nr. 19 S. 613.

Von besonderer Wichtigkeit für uns sind zwei Fragen:

1. die Verknüpfung des Studiums mit der praktischen Ausbildung,
2. der Übergang vom Studium in die Industrie.

Die Verknüpfung des Studiums mit der praktischen Arbeit wird in Amerika verschieden durchgeführt und auch verschieden beurteilt. Ein Zwang zur praktischen Arbeit besteht allgemein nicht. Zum Teil haben die Universitäten selbst recht gute und große Laboratorien mit Gießereien, Drehereien, Holzbearbeitung usw., zum Teil wird die praktische Arbeit, besonders in größeren Industriebezirken, in Fabriken geleistet in verschiedenem Wechsel zwischen Studium und Werkstattarbeit. In Cincinnati ist dies wohl am weitesten getrieben, indem dort während elf Monate je ein Monat Unterricht mit je einem Monat praktischer Arbeit wechselt. Dieser häufige Wechsel zeitigt mancherlei Nachteile, wird auch in Amerika von vielen als nachteilig beurteilt. In einzelnen Universitäten hat man nach Plänen gesucht, die den Studierenden die Wahl zwischen einem geschlossenen Studium und einem mit der praktischen Arbeitzeit abwechselndem Studium ermöglichen. Solche Pläne sind z. B. in der Übersichtstafel 1 wiedergegeben.

Für uns in Deutschland erachtet Prof. Aumund den in Tafel 2 wiedergegebenen Plan für die Ausbildung nach eigener Wahl des Studierenden als zweckmäßig, damit er selbst die Verantwortung für seine Zukunft trägt.

Die längere praktische Arbeit im vierten Jahre kann sowohl für den Studierenden als auch für die Industrie recht wertvoll sein, indem die in ihr zutage tretenden Fragen nach dem vorhergehenden längeren Studium eingehend studiert und im letzten Semester zusammen mit den Professoren geklärt werden können. Die praktische Ausbildung muß in engster Fühlungnahme zwischen Hochschule und Industrie erfolgen. In Berlin ist dies bereits durch Schaffung einer hauptamtlichen Stelle an der Hochschule angebahnt, des sogenannten „Praktikantenvaters", der in engster Zusammenarbeit mit Industrie und Hochschule die Unterbringung der Praktikanten in der Industrie und ihre Ausbildung bearbeiten soll.

Zur Produktionssteigerung sind nicht nur Kapital und Einrichtungen, sondern auch die geeigneten Menschen erforderlich. Hier die besten Kräfte zu gewinnen, haben große Firmen in Amerika eine weitverzweigte Organisation geschaffen. Die Leiter der Personalabteilungen bereisen die Universitäten und suchen sich aus den Studierenden eine größere Zahl aus, die angestellt werden. Bei der Auswahl wird besonderer Wert darauf gelegt, Menschen zu gewinnen, die Persönlichkeiten zu werden versprechen. Die ersten beiden Jahre gelten der Probe und der Ausbildung; erst danach entscheidet sich, ob der betreffende Ingenieur fest angestellt wird. Diese Art des Überganges von der Hochschule in die Praxis dürfte auch für Deutschland recht zweckmäßig sein, da sie nicht nur für die Ingenieurausbildung, sondern auch der Industrie selbst gute Dienste leistet.

Der Verein deutscher Werkzeugmaschinenfabriken ist gewillt, die obigen wertvollen Anregungen der Hauptversammlung sorgsam zu prüfen und gegebenenfalls auch durchzuführen. Die Mitglieder des Vereines verpflichteten sich durch die Annahme einer Entschließung zur Aufnahme von Praktikanten bis zu 1 vH ihrer Belegschaft und zur Befolgung der Richtlinien, die demnächst in Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Industrie aufgestellt werden. [N 600] Weicken.

Zur Frage der Anfressungen von Turbinenlaufrädern.

Von Dr.-Ing. Feifel, München.

Die Laufräder einer im Jahre 1918 in Betrieb genommenen großen Turbinenanlage zeigten nach kurzer Betriebsdauer bedenkliche Anfressungen. Nach den inzwischen im Inland und Ausland gesammelten Erfahrungen und nach den hieraus entwickelten Entwurfsregeln müssen die Betriebsbedingungen der betreffenden Anlage heute als überaus ungünstig bezeichnet werden. Es wird über den erfolgreichen Ersatz der gefährdeten Räder berichtet. Die neuen Räder dürfen als frei von Anfressungen bezeichnet werden, sie versprechen eine normale Lebensdauer.

Auch der Wasserturbinenbau hat nach der erzwungenen Ruhe während der langen Kriegsjahre im Versuchsfeld, im Entwurfsbureau und in der Werkstatt neue Bahnen eingeschlagen; Bemerkenswertes ist zum Teil erreicht, andres muß sich erst noch im Betriebe bewähren. So sind heute beispielsweise schon die Voraussetzungen für eine der unangenehmsten Erscheinungen im Betriebe von Wasserturbinen, für die Anfressungen an Laufrädern, versuchsmäßig und rechnerisch soweit geklärt, daß bedenklichen Betriebsbedingungen durch geeignete Wahl von Schaufelform, Schaufelbelastung und Einbauart der Turbinen mit genügender Sicherheit entgegengetreten werden kann. Die neuen Erkenntnisse können aber auch rückwirkend auf Ausführungen angewendet werden, die im Betrieb enttäuschen mußten, weil zur Zeit ihres Entstehens die nötigen Erfahrungen fehlten.

Wenn im Folgenden von einer seit etwa sechs Jahren im Betrieb befindlichen Wasserkraftanlage berichtet wird, dem Carowerk der Bayerischen Kraftwerke, A.-G., in Margarethenberg, so liegt die Veranlassung weniger in den immerhin beachtenswerten Ausmaßen der Anlage und ihrer Einzelheiten, als in den Erscheinungen, die sich im Betrieb gezeigt haben.

Abb. 1. Ansicht des Carowerkes in Margarethenberg a. d. Alz (Modellaufnahme).

Die Anlage nutzt das Gefälle der Alz zwischen Trostberg und Margarethenberg aus. Oberhalb des Kraftwerkes, dessen Gesamtanlage aus der Modellaufnahme, Abb. 1, hervorgeht, mündet der Kanal in das Wasserschloß; er findet seine Fortsetzung in vier Zuleitungsrohren von 3,1 m Dmr. zum Krafthaus, in dem vier Zwillingsturbinen im Querkessel aufgestellt sind. Jede dieser Turbinen ist für einen Wasserverbrauch von 21,5 m^3/s bei einem Gefälle von 37 m berechnet. Als Höchstleistung wurden von der Lieferfirma, Briegleb, Hansen & Co., Gotha, je 8380 PS gewährleistet. Die Umlaufzahl war mit Rücksicht auf Gewicht und Kosten der Stromerzeuger — die Lieferung fiel in das vierte Kriegsjahr — verhältnismäßig hoch mit 500 in der Minute. Abb. 2 zeigt einen Schnitt durch das Maschinenhaus mit der Wasserzu- und -abführung. Wie ersichtlich, erhielt jede Turbine nur ein als Kammlager ausgebildetes Lager an der dem Stromerzeuger abgewandten Turbinenseite; das erste Dynamolager, entsprechend verstärkt, ergab gleichzeitig die zweite Stütze für die mit der Welle des Stromerzeugers starr gekuppelte Turbinenwelle. Die Laufräder von 1090 mm Einschnürungs-Durchmesser und 435 mm Eintrittbreite erhielten zwölf Stahlblechschaufeln. Ihrer Ausführung gingen selbstverständlich gründliche Modellversuche in der Versuchsanstalt der Lieferfirma in Gotha voraus, wobei das Versuchsrad von 460 mm Einschnürungs-Durchmesser bei 4,5 m Gefälle mit liegender Welle im maßstäblich verkleinerten Saugkrümmer untersucht werden konnte. Durch die Versuchsergebnisse wurden die Gewährzahlen bezüglich Leistung und Wirkungsgrad der Turbine voll gedeckt. Tatsächlich boten auch die im Jahre 1921 vom Bayerischen Revisions-Verein im Auftrage der Bayerischen Kraftwerke, A.-G., durchgeführten Abnahmeprüfungen keinerlei Anlaß zu Beanstandungen; im Gegenteil, die Gewährzahlen wurden durchweg überschritten. Auch die gesamte selbsttätige Regelung wies unter den schweren Betriebsbedingungen eines Carbidwerkes die größte Zuverlässigkeit und Genauigkeit auf. Reichliche Bemessung und zweckmäßige Ausbildung aller lebenswichtigen Teile, die Verwendung geeigneten Baustoffes und gute Werkstattarbeit ließen deshalb auch für einen langjährigen schwierigen Dauerbetrieb das beste erwarten.

Und doch haben die Turbinen in einem Punkt enttäuscht: hinsichtlich der Lebensdauer der Laufräder. Nach einem Betrieb von wenigen Monaten schon zeigten sich an Schaufeln und Kränzen Spuren von Anfressungen, Abb. 3 und 4, die sich im Laufe eines etwa einjährigen Tag- und Nachtbetriebes nach Größe und Tiefe so ausgedehnt hatten, daß sie hinsichtlich der mechanischen Festigkeit der Räder Besorgnis erweckten. Wenn es auch gelang, die gefährdeten Stellen mittels elektrischer Schweißung, teilweise in mehrfacher Überholung, im betriebfähigen Zustande zu halten und die Auswechslung der Räder zu verzögern, so blieb deren Lebensdauer doch beschränkt. Das selbstverständlich schon bei den ersten Anzeichen von Anfressungen auf den Plan gerufene theoretische Interesse an den Erscheinungen wurde durch die Kostenfrage der Betriebsunterbrechungen und Auswechslungen gebieterisch wachgehalten, nachdem unter der Hochspannung der Nachkriegzeit die kurze Lebensdauer der Räder zunächst als unabänderlich hingenommen worden war.

Ähnliche Erfahrungen hatten inzwischen die in- und ausländische Turbinenindustrie dazu geführt, Höchstwerte

Abb. 2. Schnitt durch das Maschinenhaus des Kraftwerkes Margarethenberg.

der spezifischen Umlaufzahlen festzulegen, die mit Rücksicht auf die Anfreßgefahr bei bestimmten Gefällen nicht überschritten werden sollten. Eine solche, anfänglich viel benutzte, auf die Erfahrungen an zahlreichen Turbinenanlagen sich stützende Entwurfsregel ist beispielsweise durch den Linienzug in Abb. 5 gegeben. Wenn die Bedingungen für Margarethenberg, nämlich 37 m Gefälle bei einer spezifischen Drehzahl von 354, als Punkt 1 eingetragen werden, so scheinen die Beobachtungen an den Laufrädern dieser Anlage die in Abb. 5 niedergelegten Erfahrungen klar zu bestätigen.

Abb. 5. Zulässiges Gefälle bei verschiedener spezifischer Drehzahl (ältere Entwurfsregel).

Daß letztere die Frage aber doch nicht erschöpfen, daß vielmehr neben dem Gesamtgefälle noch andre Einflüsse zu berücksichtigen sind, geht schon daraus hervor, daß in zahlreichen Anlagen verschiedenster Herkunft ähnliche Erscheinungen zu beobachten sind wie in Margarethenberg, obgleich die betreffenden Betriebsbedingungen unterhalb der Grenzkurve in Abb. 5 liegen.

So zeigen, um einige Beispiele aus dem umfangreichen Erfahrungsmaterial im „Report of Hydraulic Power Committee 1924" zu nennen, die den Punkten 4, 6, 7, 8 und 9 in Abb. 5 entsprechenden Laufräder durchweg mehr oder weniger starke Anfressungen.

Anderseits scheuen neuerdings insbesondere amerikanische Ingenieure selbst mit Propellerrädern nicht vor einer erheblichen Überschreitung der Grenzkurve zurück, wie die Punkte 11, 12 und 13 erkennen lassen. Punkt 11 insbesondere entspricht einer 28 000 PS-Turbine, die dem Bericht[1]) zufolge nach mehr als einjährigem Betrieb bei Gefällen zwischen 5,5 und 15 m keine „ernstliche Narbung oder Anfressung" am Propellerrad aufwies. Damit ist freilich noch nicht gesagt, daß auch die Voraussetzung der Anfressung, d. i. die Kavitation an den Schaufeln beziehungsweise Kränzen fehlt. Denn diese kann sich, namentlich bei verhältnismäßig kleinem Gesamt- und Sauggefälle längst durch verminderte Schluckfähigkeit des Rades oder durch Leistungsmangel geltend machen, bevor ernstliche Anfressungen auftreten[2]). Deshalb darf man weiteren Betriebsergebnissen an diesen Anlagen, so namentlich der Anlage Manitoba (Punkt 13 in Abb. 5), mit größter Spannung entgegensehen. Denn die Erfahrungen, die in europäischen Versuchsanstalten gerade mit Propellerrädern gesammelt wurden, mahnen zur äußersten Vorsicht. Sie haben namentlich auch erkennen lassen, welche hervorragende Wichtigkeit bei der Beurteilung der Anfreßgefahr dem statischen und dynamischen Unterdruck an den Laufradschaufeln und der spezifischen Schaufelbelastung beizumessen ist.

Die Anlage Margarethenberg arbeitet bei einem Gesamtgefälle von 37 m mit einer mittleren statischen Saughöhe von $H_s = 5{,}2$ m; am Aufstellort (420 m über NN) kann unter Einhaltung der Verdampfungsgrenze mit einem höchstzulässigen Vakuum von 9,6 m gerechnet werden. Der Belastungsbeiwert σ der Laufradschaufeln[3]) wird also berechnet zu

$$\sigma = \frac{9{,}6 - 5{,}2}{37} = 0{,}12 .$$

Dieser Wert ist im Hinblick auf die spezifische Umlaufzahl des Rades als außerordentlich niedrig zu bezeichnen, und die in Margarethenberg gestellte Aufgabe verdichtete sich deshalb zu der Forderung, für die gegebene spezifische Umlaufzahl ein Laufrad mit möglichst niedrigem Belastungsbeiwert σ zu schaffen.

Bevor freilich die ganze Frage der Anfreßerscheinungen bis zu dieser Erkenntnis geklärt war, beziehungsweise bevor eigentliche Anfressungsversuche angestellt werden konnten, war von der Rechtsnachfolgerin der Lieferfirma, der Fritz Neumeyer-A.-G., München, im Frühjahr 1922 über die Lieferung eines Ersatzrades für Margarethenberg eine Entscheidung zu treffen. Die Wahl fiel auf Grund von allgemeinen Überlegungen hinsichtlich zweckmäßiger Formgebung der Laufradschaufeln und an der Hand von guten Ergebnissen auf dem Versuchstand bei 4,5 m Gefäll auf ein

[1]) Vergl. Report of Hydraulic Power Committee 1924.

[2]) Vergl. Schilhansl, „Kavitation und Korrosion", „Die Wasserkraft" 1925 Heft 4.

[3]) Nach D. Thoma; Bericht auf der Weltkraftkonferenz London 1924, vergl. auch Z. Bd. 69 (1925) S. 329.

Abb. 7. Laufrad mit starken Anfressungen und Betriebsbedingungen entsprechend Punkt 14 in Abb. 5.

Rad, dessen erster Satz im Herbst 1922 in Turbine 2 eingebaut wurde.

Die Richtigkeit der bei der Wahl des Ersatzrades maßgebenden Gesichtspunkte wurde im weiteren Verlauf zunächst durch den Befund der Räder bestätigt, die selbst nach 16monatlichem Tag- und Nachtbetrieb an den Schaufeln keinerlei Anfressungen zeigten. Aus dem Umstand freilich, daß sich am Laufradkranz bei „a". Abb. 3, und zwar jeweils in der Verlängerung der Laufradschaufeln, immer noch schwache Spuren von Narbungen zeigen, läßt sich schließen, daß die Räder dicht an der Kavitationsgrenze laufen, da sich kleinere Wirbel offensichtlich an die Schaufelenden anhängen und unter den Laufradkranz treten können. Immerhin ist nach dem bisherigen Befund mit einer Lebensdauer der Räder von mindestens zehn Jahren zu rechnen: gewiß ein beachtenswerter Fortschritt.

Eine maßstäbliche Verkleinerung des Ersatzrades wurde im Jahre 1924 von Prof. D. Thoma im Hydraulischen Institut der Technischen Hochschule München auf Anfreßsicherheit untersucht. Obgleich hierbei der Wert σ durch Veränderung des Sauggefälles bis auf 0,192 herabgedrückt wurde, war die Kavitationsgrenze nicht zu erreichen, d. h. es war kein Punkt der Leistungskurve festzustellen, von dem ab die Leistung nicht mehr dem nach der Modellregel zu berechnenden Wert entsprochen hätte.

Auch diese Versuche bestätigen demnach die Richtigkeit der Überlegungen, die zur Wahl des Ersatzrades geführt haben. Der für letzteres zulässige Wert von σ liegt zwischen 0,12 und 0,19, und zwar wohl näher am höheren Wert, wenn beachtet wird, was oben über letzte Spuren von Ablösungen des Wassers von den Schaufeln und dem Laufradkranz gesagt worden ist.

Abb. 6. Alte und neue Schaufelform (ausgezogen und strichpunktiert).

Über die Mittel, die zu dem Erfolg des Rades geführt haben, ist zu sagen, daß die mittlere spezifische Schaufelbelastung der neuen Räder größer ist als die des ersten Entwurfes. In Abb. 6 ist der Umriß der ursprünglichen Laufradschaufel ausgezogen, der Umriß der Ersatzschaufel strichpunktiert eingezeichnet. Unter Beachtung der Schaufelzahlen ergeben sich für beide Ausführungen gleich große Zirkularprojektionen der gesamten Schaufelfläche. Dagegen ist die tatsächliche Schaufelfläche des Ersatzrades um etwa 7 vH kleiner als die des angefressenen Rades.

Ebensowenig wie das Verhältnis zwischen spezifischer Umlaufzahl und Gefälle nach Abb. 5 bietet deshalb die

Abb. 3.

Abb. 4. Ausschnitt x aus Abb. 3, vergrößert.
Abb. 3 und 4. Anfressungen an den Laufrädern.

mittlere spezifische Schaufelbelastung allein einen Maßstab für die Anfreßsicherheit einer Schaufel. Es ist vielmehr durch zweckmäßige Ausbildung der Schaufelung, namentlich hinsichtlich der Krümmungen, Sorge zu tragen, daß die Schaufeln möglichst gleichmäßig belastet werden, daß insbesondere aus der Art der Anströmung der Eintrittkanten und der Ausbildung der Austrittkanten keine Ursache zu starken örtlichen Unterdrücken und damit zu Ablösungen des Wassers von den Schaufelflächen folgt.

In Verbindung mit der spezifischen Umlaufzahl ($n_s =$ 354) läßt der niedrige Wert des Belastungsbeiwertes ($\sigma =$ 0,12), mit dem das Margarethenberger Ersatzrad noch mit befriedigender Lebensdauer läuft, auf Eigenschaften des Rades schließen, die meines Wissens in der Literatur kein Gegenstück finden. Es wäre deshalb die Veröffentlichung diesbezüglicher Erfahrungen an andren Stellen sehr zu begrüßen. Beispielsweise entspricht in Abb. 5 der Punkt 14 einer nach Herkunft und Lage ausländischen Turbinenanlage, deren Betriebsbedingungen wesentlich näher an der Gefällegrenze der Abb. 5 liegen, als dies bei Margarethenberg (Punkt 1) der Fall ist. Und doch haben sich auch diese Betriebsbedingungen in verhängnisvoller Weise und nach kaum einmonatigem Betrieb am Laufrad geltend gemacht, wie aus Abb. 7 zu ersehen ist.

Es darf noch erwähnt werden, daß die Leistung der mit dem Ersatzrad ausgerüsteten Turbine 2 den mit der ersten Beschaufelung gemessenen Wert übertrifft, und daß das früher auftretende leichte Zittern der Turbinenwelle verschwunden ist, eine Tatsache, die ebenfalls auf geordnete Strömungen schließen läßt. [B 328]

Der elektrische Ofen in der Gießerei [1].

Der elektrische Ofen, der zuerst als Umschmelzofen, dann in gemeinsamer Arbeit mit dem Kuppelofen[2]) in der Gießerei benutzt wurde, gewinnt heut immer größere Bedeutung; zahlreiche neue Anlagen sind, meistens unmittelbar in der Gießerei, errichtet worden. Gußeisen kann in dem elektrischen Ofen in jeder gewünschten Beschaffenheit, auch aus Schrott ohne Zuhilfenahme von Gießereikoks oder Roheisen gewonnen werden, wobei das Eisen frei von Schwefel ist. Das elektrisch gewonnene Gußeisen hat bessere Festigkeitseigenschaften und ist leichter bearbeitbar als das im Kuppelofen erzeugte Gußeisen; bei kleinen Stücken ist infolge des heißeren Eisens der Ausschuß gering. In Eisengießereien wird der Lichtbogenofen gegenüber dem Induktionsofen, in dem mit festem Einsatz nur unter großen Schwierigkeiten gearbeitet werden kann, vorgezogen. Es besteht eine große Anzahl von Ofenarten[3]), doch können fast alle auf das Verfahren von Héroult[4]) zurückgeführt werden.

Für Gießereizwecke werden bei uns Öfen von 1 bis 6 t Inhalt verwendet, die je nach den Betriebsverhältnissen mit Kohlen- oder Graphit- oder neuerdings mit Söderberg[5])-Elektroden arbeiten. Als Stromart kommt fast ausschließlich Drehstrom in Betracht.

Der Schmelzvorgang im elektrischen Ofen setzt sich aus dem Einschmelzen, der Oxydation, dem Kohlungs- und dem Desoxydations-Abschnitt zusammen. Zum Einsatz ist Schrott jeder Art und Güte verwendbar, dem gleichzeitig die zur Schlackenbildung erforderlichen Zuschläge wie Kalk, Sand, Flußspat und die zur Aufkohlung notwendigen Mengen in Form von Elektrodenabfällen oder Kokspulver zugesetzt werden. Das Einschmelzen ist bei entsprechender Transformatorenleistung in 1½ bis 2½ h beendet. Zum Entschwefeln gibt man weiße Schlacke auf, zum Zerstören des Eisenoxyduls etwas Siliziumeisen. Bis zu 3 vH geht die Kohlenstoffaufnahme ohne besondere Maßnahmen von selbst vor sich; darüber hinaus muß man mit einem sehr heißen Bad arbeiten, dieses gut durchmischen und dabei beachten, daß sich nicht zu viel Schlacke in der Badoberfläche befindet. Das erzeugte Gußeisen fließt träge wie Öl aus, erstarrt langsam, wobei die Form heiß wird und Spannungen sich leicht ausgleichen können. Da das Eisen heiß ist, können Schlackeneinflüsse leicht vor dem Erstarren an die Badoberfläche steigen. Der elektrische Ofen wird in der Gießerei für drei Erzeugungsverfahren benutzt.

Der Ofen wird einmal als reiner Umschmelzofen zur Gewinnung von Gußeisen betrieben[6]). Eingesetzter billiger Gußbruch wird geschmolzen und liefert ein hochwertiges Erzeugnis. Der Leistungsverbrauch beträgt 300 bis 400 kWh/t. Diese Arbeitsweise kommt für Gießereien in Betracht, denen billiger Strom und Gußbruch geringer Güte zur Verfügung steht.

Das Duplexverfahren[7]) bedeutet ein gemeinsames Arbeiten des Kuppelofens mit dem elektrischen Ofen. Im Kuppelofen wird Gußbruch mit wenig Koks geschmolzen; das flüssige Eisen wird in den elektrischen Ofen umgekippt, entschwefelt, aufgekohlt, je nach der gewünschten Güte mit Siliziumeisen und Manganeisen behandelt und abgegossen. Das Verfahren dauert 1 bis 1½ h, und der Leistungsverbrauch beträgt 100 bis 150 kW für 1 t. Vorzugsweise in Amerika wird nach diesem Verfahren gearbeitet.

[1]) Nach einem Vortrag von K. Kerpely, s. Gießereizeitung Bd. 22 (1925) S. 61, vergl. ferner Z. Bd. 64 (1920) S. 696.

[2]) Z. Bd. 65 (1921) S. 1123.

[3]) Vergl. Z. Bd. 61 (1917) S. 422

[4]) Z. Bd. 50 (1906) S. 181 u. Bd. 51 (1907) S. 73.

[5]) Z. Bd. 65 (1921) S. 551.

[6]) Z. Bd. 63 (1919) S. 153.

[7]) Z. Bd. 66 (1922) S. 751.

Die Anwendung des Verfahrens muß von Fall zu Fall erwogen werden, da bei niedrigen Strompreisen die Schmelzkosten des Elektroofens sich niedriger stellen als die des vereinigten Verfahrens. Die Verbindung der Öfen läßt sich mit betriebstechnischem Vorteil bei Hochofengießereien anwenden. Weiches Roheisen wird flüssig in den elektrischen Ofen eingesetzt; nach Bedarf werden Mangan und Phosphor mit oxydierender, Schwefel mit reduzierender Schlacke entfernt, und durch Zusatz von Siliziumeisen wird der Siliziumgehalt genau bemessen. Das Verfahren ist einfach und besonders wirtschaftlich, da der Strom durch Gichtgasmaschinen billig gewonnen wird.

Das dritte Verfahren ist die Herstellung von synthetischem Gußeisen[8]). In den elektrischen Ofen wird ohne Zusatz von Roheisen oder Gußbruch nur Schrott eingesetzt und der fehlende Kohlenstoff, Mangan und Silizium, werden in dem erforderlichen Mengenverhältnis zugesetzt. So wird Graugußeisen mit einem Phosphor- und Schwefelgehalt von 0,03 vH, das die Güte des schwedischen Holzkohlen-Roheisens erreicht, gewonnen. Bei diesem Verfahren, das große Verbreitung gefunden hat und bei dem man die Einstellung des richtigen Mischverhältnisses vollständig in der Hand hat, da durch Proben aus dem Ofen jederzeit die Zusammensetzung des Bades festgestellt werden kann, rechnet man unter Voraussetzung günstiger Betriebsverhältnisse mit einem Gesamtstromverbrauch von 600 kWh/t.

Zusammenfassend kann man sagen, daß der elektrische Ofen, besonders beim synthetischen Verfahren, für die Gießerei alle Vorteile bietet, die von diesem für die Erzeugung eines Gußeisens höchster Güte und eines einträglichen Herstellverfahrens verlangt werden. [N 278] Gw.

Die ersten Hochöfen in Holland.

Von der Firma Holländische Hochöfen und Stahlwerke A.-G. wird in kurzem der erste Hochofen in Holland in Betrieb gesetzt werden. Um die Bedeutung dieses Ereignisses zu verstehen, ist es notwendig, es von der wirtschaftlichen Seite zu betrachten. Die holländische eisenbearbeitende Industrie, deren Größe vielfach unterschätzt wird, beschäftigte im Jahre 1921 in 592 verschiedenen Werken 68 000 Arbeiter. Ungefähr 50 000 t Roheisen und weit über 200 000 t Stahlknüppel, Barren, Bandeisen und Eisenbleche wurden verarbeitet.

Infolge der vielen Schwierigkeiten, die bei der Beschaffung der notwendigen Eisen- und Stahlmengen im Kriege zu überwinden waren, wurde beschlossen, an der Küste, und zwar bei Ymuiden in der Nähe von Amsterdam eine Hochofenanlage zu errichten. Das hierfür erforderliche Kapital ist von der holländischen Regierung und von den Hauptbanken, den Schiffahrtsgesellschaften, der Industrie und den Großkaufleuten eingezahlt worden; außerdem wird sich noch die Stadt Amsterdam beteiligen.

In der Anlage können jährlich 10 000 t Eisen hergestellt werden; sie wurde nach Entwürfen einer amerikanischen Firma von der Phönix A.-G. für Berg- und Hüttenindustrie und der Gutehoffnungshütte ausgebaut. Mit der Phönix A.-G. wurde außerdem noch ein Abkommen getroffen, wonach sie Gießereiroheisen als Ersatz für die deutschen Walzwerkerzeugnisse liefert.

Um zur Zeit einen Teil des Eigenbedarfs an Stahl sofort decken zu können, hat sich die Gesellschaft an einer kleinen Stahlgießerei beteiligt. Die Gesellschaft hat Kalksteinlagerstätten in Belgien erworben, aus denen die erforderlichen Kalkmengen geliefert werden. Beabsichtigt ist noch die Errichtung einer Zementfabrik, in der Schlacken verwertet werden sollen. („The blast Furnace and Steel Plant“ Bd. 13 (1925) S. 8.) [N 342] Gw.

[8]) Z. Bd. 63 (1919) S. 1267.

Über Schnittgeschwindigkeit und Schnittdruck beim Fräsen.

Von Dipl.-Ing. Gerhardt Engel, Essen.

Ausgehend von der Friedrichschen Formel für die beim Drehen vorteilhafte Schnittgeschwindigkeit werden die entsprechenden Gleichungen für Fräsen mit und ohne Spanbruchnuten entwickelt, wie auch die Gleichungen für den Schnittdruck. Ein Vergleich mit früher veröffentlichten Schnittdruckversuchen beweist die Richtigkeit der aufgestellten Formeln. Zum Schluß wird darauf hingewiesen, bei welchem Spanquerschnitt und bei welcher Schnittgeschwindigkeit der geringste Zeitverbrauch eintritt.

Schnittgeschwindigkeit.

1. Schlichtfräser.

Ein Fräser nach Abb. 1 und 2, dessen Zähne also parallel zur Achse verlaufen und nicht mit Spanbrechnuten versehen sind, hebt mit jedem Zahn einen kommaförmigen Span ab, dessen Dicke an der Eintrittstelle 0, an der Austrittstelle t_a ist. Faßt man die Form des Spanes als Dreieck auf, so beträgt die mittlere Spandicke $t = \frac{t_a}{2}$, und der von einem Fräserzahn abgehobene Span hat senkrecht zur Bewegungsrichtung den mittleren Querschnitt $F = b\,t$.

Nach der Friedrichschen Formel[1]) ist die beim Drehen vorteilhafte Schnittgeschwindigkeit

$$v = \frac{e}{k\sqrt{f} + w}.$$

Hierin bedeutet
- v die Schnittgeschwindigkeit in mm/s,
- e die Wärmeableitung in mmkg/mm² s,
- k den Materialwiderstand für 1 mm² Spanquerschnitt in kg/mm²,
- f den Spanquerschnitt in mm²,
- w die Widerstandsarbeit für 1 mm² Spanschnittfläche.

Setzt man in diese Formel den oben für F gefundenen Wert ein, so wird

$$v = \frac{e}{k\sqrt{b\,t} + w} \quad \ldots\ldots\ldots (1).$$

In dieser Gleichung ist t abhängig von dem Vorschub c des Werkstückes, der Umfangsgeschwindigkeit v des Fräsers, dem Durchmesser d des Fräsers und der Schnittiefe s. Während der Zahn den Weg $\frac{l}{2}$ in der Zeit t_l zurücklegt, bewegt sich das Werkstück um die Strecke i_a weiter, es ist also

$$t_l = \frac{l}{2\,v} = \frac{i_a}{c}$$

oder

$$i_a = \frac{l\,c}{2\,v} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2).$$

Ferner ist

$$t_a = i_a \sin\frac{\alpha}{2}$$

und

$$t = \frac{i_a}{2}\sin\frac{\alpha}{2}.$$

Hieraus ergibt sich unter Berücksichtigung von Gl. (2)

$$t = \frac{l\,c}{4\,v}\sin\frac{\alpha}{2} \quad \ldots\ldots\ldots (3).$$

Da man in der Praxis nicht mit der Bogenlänge l, sondern mit der Bogenhöhe bzw. Schnittiefe s rechnet, soll l durch s ausgedrückt werden. Es ist

$$l = \frac{r\,\pi\,\alpha}{180}$$

und

$$r = \frac{s}{2\sin^2\frac{\alpha}{4}},$$

mithin

$$l = s\,\frac{\pi\,\alpha}{180}\,\frac{1}{2\sin^2\frac{\alpha}{4}}.$$

Setzt man diesen Wert in Gl. (3) ein, so wird

$$t = \frac{c}{v}\,s\,\frac{\pi\,\alpha}{4\cdot 180}\,\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{2\sin^2\frac{\alpha}{4}}.$$

Zahlentafel 1.

s	A bei $d =$	
mm	30 mm	100 mm
1	0,99	1
5	0,935	0,99
10	0,87	0,96
15	0,775	0,94
20	0,68	0,92
25	0,52	0,90
30	0,0	0,88
50	—	0,775
60	—	0,725
70	—	0,645
80	—	0,555
90	—	0,41
100	—	0,0

[1]) Vergl. Z. Bd 53 (1909) S. 860 u. f.

Da $\sin\frac{\alpha}{2} = 2\sin\frac{\alpha}{4}\cos\frac{\alpha}{4}$ ist, wird

$$t = \frac{c}{v}\,s\,\frac{\pi\frac{\alpha}{4}\operatorname{cotg}\frac{\alpha}{4}}{180} \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

Der Faktor $A = \frac{\pi\frac{\alpha}{4}\operatorname{cotg}\frac{\alpha}{4}}{180}$ besagt, daß der Durchmesser des Fräsers insofern von Einfluß ist, als sich bei gegebener Schnittiefe s mit dem Durchmesser auch der Winkel α ändert. In Zahlentafel 1 ist der Wert A für die Fräserdurchmesser 30 und 100 mm bei verschiedenen Schnittiefen s berechnet mit Hilfe der Beziehung

$$s = 2\,r\sin^2\frac{\alpha}{4} \text{ bzw. } \sin\frac{\alpha}{4} = \sqrt{\frac{s}{d}}.$$

In beiden Fällen sinkt A mit zunehmender Schnittiefe. Der Einfachheit halber soll $A = 1$ gesetzt werden. Man begeht damit keinen großen Fehler, weil die Schnittiefe im allgemeinen $\frac{2}{d}$ selten übersteigt. Da t im Nenner von Gl. (1) steht und die berechnete Schnittgeschwindigkeit etwas zu gering wird, ist der Fehler für die Schneidhaltigkeit des Werkzeuges nur von Vorteil. Für Gl. (4) setzen wir demnach

$$t = \frac{c}{v}\,s \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

Infolgedessen hat der von einem Fräserzahn abgehobene Querschnitt die Größe

$$F = \frac{c}{v}\,b\,s \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (6).$$

Der Ausdruck $\frac{c}{v}$ ist praktisch schwer zu erfassen; daher soll v durch Umdrehungszahl und Durchmessser des Fräsers ausgedrückt werden:

$$\frac{c}{v} = \frac{c}{n\,d\,\pi}.$$

Setzt man $\frac{n\,d}{c} = p$, so wird

$$\frac{c}{v} = \frac{1}{p\,\pi};$$

aus Gl. (6) wird

$$F = \frac{b\,s}{p\,\pi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (7).$$

Daraus ergibt sich als vorteilhafte Schnittgeschwindigkeit:

$$v = \frac{e}{\frac{k}{1{,}77\sqrt{p}}\sqrt{b\,s} + w} \quad \ldots\ldots\ldots (8).$$

Abb. 1 und 2. Schlichtfräser mit Zähnen parallel zur Achse.

Abb. 3 und 4. Schruppfräser mit Flachgewinde.

Ersetzt man in dieser Formel $\frac{k}{w}$ durch a, so wird

$$v = \frac{e}{w\left(\frac{a}{1{,}77\sqrt{p}}\sqrt{b\,s}+1\right)} \text{ in mm/s} \quad . \quad (9).$$

2. Schruppfräser mit Flachgewinde.

Je kleiner der einzelne Span ist, desto leichter ist er zu entfernen. Man versieht deshalb den Schruppfräser sehr oft mit sogenannten Spanbrechnuten, durch die der Span in kleine Teile auseinander gebrochen wird. Die Nuten werden gewindeförmig ausgeschnitten, und zwar wird sowohl Flach- als auch Spitzgewinde verwendet. In Abb. 3 und 4 ist ein Schruppfräser mit Flachgewinde dargestellt, für den die vorteilhafte Schnittgeschwindigkeit berechnet werden soll.

Auch hier hebt jeder Gewindezahn einen kommaähnlichen Span ab, dessen mittlere Spandicke $t = \frac{t_a}{2}$ ist. Die Breite des Spanes beträgt die Hälfte der Gewindesteigung H; infolgedessen ist der mittlere Spanquerschnitt eines Gewindezahnes

$$f = \frac{H\,t}{2}.$$

Ist die Fräsbreite b, so sind $\frac{b}{H}$ Gewindezähne in Eingriff, und der Gesamtquerschnitt eines Fräserzahnes beträgt

$$F = \frac{b}{H} f = \frac{b\,t}{2}.$$

Ersetzt man in dieser Formel t nach Gl. (5), drückt v durch Umdrehungen und Durchmesser des Fräsers aus und setzt $\frac{n\,d}{c} = p$, so wird

$$F = \frac{b\,s}{2\,p\,\pi} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (10).$$

Setzt man diesen Wert in Gl. (1) ein, so ist die vorteilhafte Schnittgeschwindigkeit für den Schruppfräser mit Flachgewinde:

$$v = \frac{e}{\frac{k}{2{,}5\sqrt{p}}\sqrt{b\,s}+w} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (11).$$

Ersetzt man hierin wieder $\frac{k}{w}$ durch a, so wird schließlich

$$v = \frac{e}{w\left(\frac{a}{2{,}5\sqrt{p}}\sqrt{b\,s}+1\right)} \text{ in mm/s} \quad . \; . \quad (12).$$

3. Schruppfräser mit Whitworth-Gewinde.

Sehr oft versieht man die Schruppfräser mit einem whitworthähnlichen Gewinde statt mit Flachgewinde, Abb. 5. Für diesen Fall ergibt sich dann die nachstehende Rechnung:

Wieder hebt jeder Gewindezahn den bekannten kommaähnlichen Span mit der mittleren Spandicke $t = \frac{t_a}{2}$ ab. Beträgt die Breite des Zahnes an der Austrittstelle h_a, so ist die mittlere Spanbreite $h = \frac{h_a}{2}$, und der mittlere Spanquerschnitt hat die Größe

$$f = \frac{h\,t}{2}.$$

Beträgt die Fräsbreite b und die Gewindesteigung H, so sind $\frac{b}{H}$ Gewindezähne im Eingriff, und der Gesamtquerschnitt eines Fräserzahnes ist

$$F = \frac{b}{H} f = \frac{b\,h\,t}{2\,H},$$

$$h_a = \frac{H}{T}(t_a + g).$$

Bei normalem Gewinde ist $T = 0{,}96\,H$ und $g = 0{,}17\,H$, das heißt $h_a = 1{,}04\,(t_a + 0{,}166\,H)$.

Abb. 5. Schruppfräser mit Whitworthgewinde.

Da $h = \frac{h_a}{2}$ und $t_a = 2\,t$ ist, ergibt sich die Breite des mittleren Spanquerschnittes zu

$$h = 1{,}04\,(t + 0{,}083\,H).$$

Setzt man diesen Wert in die für F gefundene Formel ein, so wird

$$F = b\,t^2 \frac{0{,}52 + 0{,}04\frac{H}{t}}{H}.$$

Mit

$$m = \frac{0{,}52 + 0{,}04\frac{H}{t}}{H} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (13)$$

erhält man $F = m\,b\,t^2$.

Unter Berücksichtigung von Gl. (5) und der bekannten Umformungen ergibt sich

$$F = \frac{m\,b\,s^2}{p^2\,\pi^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (14).$$

Setzt man diesen Wert in Gl. (1) ein, so ist die vorteilhafte Schnittgeschwindigkeit für den Schruppfräser mit Whitworth-Gewinde:

$$v = \frac{e}{\frac{k}{p\,\pi} s\sqrt{m\,b} + w} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (15).$$

Ersetzt man hierin $\frac{k}{w}$ durch a, so erhält die Gleichung die Form

$$v = \frac{e}{w\left(\frac{a}{p\,\pi} s\sqrt{m\,b} + 1\right)} \text{ in mm/s} \quad . \; . \quad (16).$$

Schnittdruck.

Nach Friedrich ist der spezifische Schnittdruck beim Drehen

$$K = k + \frac{w}{\sqrt{f}}.$$

Beim Schlichtfräsen wird demnach unter Benutzung von Gl. (7)

$$K = k + \frac{1{,}77\,w\sqrt{p}}{\sqrt{b\,s}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (17).$$

Hieraus ergibt sich für den Schnittdruck:

$$W = \sqrt{\frac{b\,s}{p\,\pi}}\left(k\sqrt{\frac{b\,s}{p\,\pi}} + w\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (18).$$

Für den Schruppfräser mit Flachgewinde wird unter Berücksichtigung von Gl. (10)

$$K = k + \frac{2{,}5\,w\sqrt{p}}{\sqrt{b\,s}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (19).$$

Der Schnittdruck ist dann

$$W = \sqrt{\frac{b\,s}{2\,p\,\pi}}\left(k\sqrt{\frac{b\,s}{2\,p\,\pi}} + w\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (20).$$

Für den Schruppfräser mit Whitworth-Gewinde wird unter Berücksichtigung von Gl. (14)

$$K = k + \frac{p\,\pi\,w}{s\sqrt{m\,b}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (21)$$

und der Schnittdruck

$$W = \frac{s\sqrt{m\,b}}{p\,\pi}\left(k\frac{s\sqrt{m\,b}}{p\,\pi}+w\right) \quad \ldots\ldots (22).$$

Gl. (22) ergibt Kurven, die mit denen nach der Gleichung von Ederheimer[1]) ermittelten fast vollständig übereinstimmen. In Abb. 6 sind die Schnittdruckkurven für einen Fräserdurchmesser von 39 mm und verschiedene Drehzahlen des Fräsers nach Abb. 8 des angezogenen Aufsatzes eingetragen. Bei den damaligen Versuchen wurde Whitworth-Gewinde von 34 mm Dmr. und 16 Gängen auf 1" geschnitten auf Werkstücken aus Siemens-Martin-Stahl von 65 bis 70 kg/mm² Festigkeit. Zum Vergleich sei in Zahlentafel 2 bei 220 Fräserumdrehungen in der Minute und der Dauer eines Werkstückumlaufes $\tau = 2$, 1, 0,66, 0,5 und 0,33 s die Schnittdruckberechnung auch nach Gl. (22) durchgeführt.

Zahlentafel 2.

Werkstück τ s	Vorschub c mm/min	p	Schnittdruck W nach Abb. 6	Gl. (22)	Spalte 5 verdoppelt
1	2	3	4	5	6
0,33	35,3	244	1,4	0,67	1,34
0,50	53,5	161	2,1	1,00	2,00
0,66	70,5	122	2,8	1,35	2,70
1,00	107	80	4,18	2,06	4,12
2,00	214	40	8,2	4,23	8,46

Bei dem herzustellenden Gewinde beträgt die Ganghöhe H rd. 1,6 mm und die mittlere Spandicke eines Gewindezahnes $t = \frac{T}{2} = 0{,}48\,H$ rd. 0,75 mm. Nach Gl. (13) ist dann $m = 0{,}38$. Die Fräsbreite beträgt $b = 15$ mm und die Schnittiefe $s = T = 1{,}5$ mm. Bei eigenen Drehversuchen mit einem Werkstoff von rd. 65 kg/mm² Festigkeit wurde schließlich $k = 246$ und $w = 140$ ermittelt. Setzt man alle diese Werte in Gl. (22) ein und läßt p nacheinander die Größe der Spalte 3 in Zahlentafel 2 annehmen, so erhält man die in Spalte 5 eingetragenen Schnittdrücke. Sie sind in Spalte 6 verdoppelt und zeigen dann eine fast vollständige Übereinstimmung mit den aus Abb. 6 entnommenen Werten, das heißt die Kurven decken sich praktisch.

Daß die Schnittdrücke der Abb. 6 etwa doppelt so groß sind wie die nach Gl. (22) berechneten, wird vermutlich darauf zurückzuführen sein, daß die Brustfläche des Fräsers im allgemeinen radial geschliffen ist, der Brustwinkel also 0° beträgt, während bei den Drehversuchen der Brustwinkel etwa 20° war. Es scheint also, daß durch eine bessere Formgebung des Fräserzahnes noch viel an Kraft erspart bzw. Schnittgeschwindigkeit oder Vorschub gesteigert werden kann.

[1]) Vergl. Z. Bd. 64 (1920) S. 149.

Abb. 6. Schnittdruckschaulinien für einen Fräser von 39 mm Dmr. und verschiedenen Umlaufgeschwindigkeiten.

Ederheimer gibt als die geeignete Schnittgeschwindigkeit 25,5 m/min an und als Schnittdruck rd. 3,9 kg, wobei der Fräser nach Abb. 7, die der Abb. 15 seines Aufsatzes entspricht, rd. 3800 Gewinde liefert. Nach Zahlentafel 1 Spalte 7 desselben Aufsatzes sind hierzu 11 Nachschliffe nötig; es werden also mit jedem Schliff rd. 350 Werkstücke hergestellt. Da die Umlauf- bzw. Schnittzeit eines Stückes nach der gleichen Tafel 52 s dauert, beträgt mithin die Schneidhaltigkeit des Fräsers rd. 5 Stunden.

Bei den oben erwähnten Drehversuchen des Verfassers wurde bei $e = 200\,000$ und dem Spanquerschnitt $q = 7$ mm² eine Schneidhaltigkeit von rd. 5 h festgestellt, bei $q = 25$ mm² von rd. 1 h. Aus diesen Drehversuchen scheint ferner hervorzugehen, daß sich bei einer Änderung der Schneidenform zwar die absoluten Werte k und w ändern, nicht aber das Verhältnis $\frac{k}{w} = a$. Führt man a in Gl. (22) ein, so lautet die Gleichung:

$$W = \frac{s\sqrt{m\,b}}{p\,\pi}\,w\left(\frac{a\,s\sqrt{m\,b}}{p\,\pi}+1\right).$$

Abb. 7. Lebensdauer eines Fräsers in Abhängigkeit vom Schnittdruck.

Abb. 8. Wärmelinien für Werkstoff von 35 kg/mm² Festigkeit und Fräser mit Whitworthgewinde.

Zahlentafel 3.

Werkstück				Fräser				p	H	t	$m = \frac{0{,}52 + 0{,}04 \frac{H}{t}}{H}$	
kg/mm²	s mm	b mm	c mm/min	Gänge auf 1″	Dmr.	n Uml./min	v mm/min		mm	mm	mm	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
35 bis 40	40	100	13	6	40	112	14 100	345	4,23	0,036	1,24	Schruppfräser (Mittelwert 2,35)
„	50	26	46	5	100	36	11 300	78	5,08	0,20	0,30	
„	9	80	29	7	40	136	17 100	188	3,63	0,015	2,82	
„	42	470	7	5	150	30	14 100	645	5,08	0,021	2,02	
55	10	90	12	5	40	76	9 550	253	5,08	0,013	3,17	
„	15	80	11	5	44	60	8 300	240	5,08	0,02	2,12	
„	8	126	10	6	70	30	6 600	210	4,23	0,012	3,45	
„	10	120	40	6	55	80	13 800	110	4,23	0,029	1,50	
80	15	55	10	6	48	60	9 000	288	4,23	0,017	2,48	
Stahlguß	10	160	13,5	2,5	80	68	17 000	400	10,16	0,008	5,00	
Gußeisen	35	165	18	5	60	52	9 800	173	5,08	0,063	0,75	
55	8	150	28	—	90	40	—	129	—	—	—	Schlichtfräser
Gußeisen	2	240	16	—	90	24	—	135	—	—	—	
55	36	145	10	—	36	132	—	475	—	—	—	
35 bis 40	5	36	25	—	130	32	—	167	—	—	—	
„	1,5	120	60	—	52	140	—	121	—	—	—	

Setzt man nach Zahlentafel 2 in dieser Gleichung $W = 4{,}18$ und $p = 80$ ein, ferner $s = 1{,}5$, $m = 0{,}38$ und $b = 15$ nach den Angaben von Ederheimer, sowie $a = 1{,}75$ nach den Drehversuchen, so wird $w = 283$.

Mit diesen Zahlen erhält man nach Gl. (16) bei $e = 200\,000$ die vorteilhafte Schnittgeschwindigkeit $v = 41{,}5$ m/min, während Ederheimer, wie oben erwähnt, 25,5 m/min gefunden hat. Um auf den zweiten Wert zu kommen, muß man e auf 123 000 herabsetzen. Man möchte daraus den Schluß ziehen, daß die Wärmeableitung e beim Fräsen nur mit einem Bruchteil des beim Drehen ermittelten Wertes eingesetzt werden kann, dessen Höhe u. a. von den Abmessungen des Fräsers abhängig sein dürfte.

Um über die Verwendbarkeit von Gl. (16) Aufschluß zu bekommen, wurden zunächst in der Werkstatt einige Aufnahmen für die Ermittlung von m und p gemacht; sie sind in Zahlentafel 3 zusammengestellt.

Wie man sieht, schwankt m zwischen 0,3 und 5,00, woraus sich der Mittelwert $m = 2{,}35$ und $\sqrt{m} =$ rd. 1,57 ergibt. Setzt man diesen Wert in Gl. (16) ein, so ist

$$v = \frac{e}{w\left(\frac{a}{2\,p}\,s\sqrt{b} + 1\right)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (16a)$$

p liegt zwischen 78 und 645. Um eine leichtere Anpassung an die gerade vorliegenden Verhältnisse zu ermöglichen, ist es zweckmäßig, die Schnittgeschwindigkeit nach Gl. (16a) für $p = 50$, 100, 200, 400 und 800 zu berechnen. Trägt man die gefundenen Werte im logarithmischen Maßstab auf, so erhält man für jeden Werkstoff eine Kurvenschar nach Abb. 8.

Die Kurven stellen nicht die wirtschaftliche Schnittgeschwindigkeit beim Fräsen dar, sondern sie geben nur an, daß, gleiche Spanzusammensetzung vorausgesetzt, die Wärmeentwicklung an der Schneide für die Punkte derselben Kurve gleich ist; sie mögen deshalb „Wärmelinien" genannt werden.

Daß auch die Friedrichsche Formel über die Wirtschaftlichkeit der Schnittgeschwindigkeit beim Drehen keinen Aufschluß gibt, zeigt am besten folgende Überlegung. Setzt man in dem Ausdruck

$$e = v\,(k\sqrt{f} + w)$$
$$e = 0, \text{ so wird auch } v = 0,$$
$$e = \infty, \text{ so wird auch } v = \infty.$$

Welches e aber zu nehmen sei, kann die Formel nicht angeben[1]).

Da die Friedrichsche Voraussetzung des ähnlichen Spanquerschnittes in der Praxis nicht zutrifft, ist damit zu rechnen, daß die nach seiner Formel ermittelte Schnittgeschwindigkeit den Anforderungen der Werkstatt nicht entspricht. Diese Annahme ist bei Nachprüfung im Betrieb voll bestätigt worden und hat zu einer Korrektur der Friedrichschen Wärmelinie geführt, die sich bisher bewährt hat[2]). Das Gleiche wird wahrscheinlich auch von den Wärmekurvenscharen gelten, die nach den obigen Gleichungen für das Fräsen der verschiedenen Werkstoffe entstehen; sie müssen deshalb noch einer Nachprüfung unterzogen werden.

Die Benutzung der Kurven geschieht in folgender Weise: Es sei von einem Werkstoff von 35 kg/mm² Festigkeit bei einer Schnittiefe von $s = 15$ mm Material von $b = 100$ mm Breite abzunehmen; dann ist $s\sqrt{b} = 150$. Der Fräserdurchmesser betrage 75 mm. Fräserumdrehungen und Werkstückvorschub werden zunächst geschätzt, und zwar sei $n = 85$ Uml./min und $c = 15$ mm/min gewählt, so daß $p = 425$ wird. Bei diesem Wert ergibt sich nach Abb. 8 für $s\sqrt{b} = 150$ die Schnittgeschwindigkeit $v =$ rd. 75 m/min, der die Drehzahl $n = 318$ entspricht, während 85 angenommen war. Damit $p = 425$ bleibe, muß c auf 56 erhöht werden, so daß also die Bearbeitung mit dem Fräser von 75 mm Dmr. bei $n = 318$ und $c = 56$ zu erfolgen hätte.

Soll eine bestimmte Spanmenge Q erzeugt werden, so ist bei dem Spanquerschnitt F und dem Vorschub des Werkstückes c dazu die Zeit τ erforderlich; es ist

$$\tau = \frac{Q}{c\,F}.$$

Ersetzt man in der Gleichung F nacheinander durch die Werte von Gl. (7), (10) und (14) und beachtet, daß $p = \frac{n\,d}{c}$ ist, so nimmt sie die nachstehenden Formen an:

1) Schlichtfräser . . . . $\tau = Q\frac{n\,d\,\pi}{b\,s\,c}$ (23)

2) Schruppfräser mit Flachgewinde . . $\tau = Q\frac{2\,n\,d\,\pi}{b\,s\,c}$ (24)

3) Schruppfräser mit Whitworthgewinde $\tau = Q\frac{n^2\,d^2\,\pi^2}{m.b\,s^2\,c^3}$ (25)

Aus allen drei Formeln geht hervor, daß es mit Rücksicht auf Zeit- bzw. Lohnersparnis vorteilhaft ist, mit geringer Umdrehungszahl und geringem Durchmesser zu arbeiten, dagegen Schnittiefe und Vorschub des Werkstückes möglichst hoch zu wählen. Da Drehzahl und Durchmesser die Schnittgeschwindigkeit v bestimmen und der Werkstückvorschub dem Vorschub beim Drehen entspricht, liegen also die Verhältnisse beim Fräsen ähnlich wie beim Drehen, wo bekanntlich ein großer Vorschub bei geringen Schnittgeschwindigkeiten in bezug auf den Zeitverbrauch günstiger ist als der umgekehrte Fall. [B 740]

[1]) Hierauf hat der Verfasser zum ersten Mal hingewiesen gelegentlich eines Vortrages, den Hippler im Dezember 1922 vor der ADB-Gruppe Berlin gehalten hat.

[2]) Diese Korrektur ist im März 1924 einem Mitglied des AWF in Form einer Doppelleiter übergeben worden.

RUNDSCHAU.

Brennstoffe.

Aussprache über Kohlenstaubfeuerungen in Hannover.

Prof. Franke[1]), Leiter des Instituts für Dampftechnik und Feuerungstechnik an der Technischen Hochschule zu Hannover, hatte beteiligte Kreise für den 1. und 2. Mai 1925 zu einer Tagung über Kohlenstaubfeuerungen zusammengerufen, um eine kritische Aussprache und Stellungnahme zu den Angelegenheiten der Kohlenstaubverfeuerung herbeizuführen. Vor den zahlreich erschienenen Fachleuten entwickelte Prof. Franke zunächst als Anregung zu der folgenden Besprechung die Ergebnisse seiner theoretischen und versuchstechnischen Forschung. Seiner Ansicht nach ist die kurzflammige Feuerung gegenüber der in Amerika vorherrschenden langflammigen vorzuziehen und für Flammrohrkessel die allein mögliche. Der Brenner müsse brennfertiges Gemisch liefern und eine anderweitige Zuführung von Zusatzluft wäre zu vermeiden. Der Heizölbedarf könnte durch ein Öl-Kohle-Gemisch wesentlich verringert werden. Man könne bis zu 30 vH Braunkohlen- oder 50 vH Steinkohlenstaub zumischen, wobei die einfache Vermischung für kürzere Zeit bereits genügen würde. Für längere Dauer muß aber noch ein Beständigkeitszusatz beigegeben werden, der dann wieder Kühlzerstäubung erforderlich macht. Als Zusatzfeuerung zu einer Rostfeuerung mit festen Brennstoffen empfahl Franke das Einblasen eines kohlenstaub-übersättigten Gemisches, um den bei der Rostfeuerung erforderlichen Luftüberschuß auf ein Mindestmaß herabzudrücken. Endlich brachte er noch einen Vorschlag als Anregung zur Aussprache, ob man nicht die Umwege der Trocknung und Vermahlung vermeiden könnte. Er skizzierte eine Feuerung, bei der unmittelbar zwischen Beschickung und Kessel eine Klassiertrommel eingegliedert wird, in der die Rohkohle durch einen Gegenluftstrom nach festen Bestandteilen und Staub getrennt wird und der mit dem Staub vermischte Luftstrom als Zusatzfeuerung verwendet wird.

Mit der Tagung verbunden war auch eine versuchstechnische Vorführung im Kesselhaus des neuen Maschinenlaboratoriums. Unter anderm wurde eine Feuerung für Öl-Kohle-Gemisch und eine neuartige Vielbrenner-Kohlenstaubfeuerung (Bauart Franke) gezeigt. Letztere diente zur Beheizung eines Lokomobilkessels, dem eine Feuerkammer vorgebaut war.

Wie angesichts der noch fortschreitenden Entwicklung der Kohlenstaubfeuerung nicht anders zu erwarten war, gingen in manchen Punkten dieser Aussprache die Ansichten ziemlich weit auseinander. Doch stellte sich für viele Fragen, besonders die Frage der Zusatzluft, der Art der Einblasung, der Brennergestaltung, der Feuerraumgestaltung usw. heraus, daß verschiedene Möglichkeiten richtig sein können, und daß man vor allen Dingen dem Verwendungszweck Rechnung tragen muß. So kommen nach den Ausführungen von Direktor Schulte, Essen, für hüttenmännische Öfen mehr wagerechte, für Dampfkessel mehr senkrechte Flammenzuführungen in Betracht. Die bei der senkrechten Flammenzuführung durch den Richtungswechsel auftretenden Kohlenstaubverluste sind unbedeutend, dagegen ist die bessere Flugaschenabscheidung sehr von Vorteil. Die Bedeutung der Brennergestaltung scheint überschätzt zu werden; wie die Erfahrung zeigt, kann Kohlenstaub auch ohne Brenner verfeuert werden, wenn man, wie in einer Anlage ausgeführt, den Kohlenstaub einfach in den Brennraum einrieseln läßt. Zur Schonung des Mauerwerks muß möglichst vermieden werden, daß die Flammen auf das Mauerwerk aufprallen. Direktor Goossens, Aachen, bewies dies durch sehr anschauliche Lichtbilder. Die theoretische Berechnung von Dr. Rosin, Freiberg[2]), über die höchste Feuerraumbelastung hat sich nach Schulte in Versuchsergebnissen im Ruhrgebiet bestätigt. Dort ergaben sich Belastungen von 100 000 bis 370 000 kcal/m^{3}h, wobei bei der letzteren die Flammen aus dem Kessel herausschlugen als Zeichen, daß Überdruck entstanden war. Auch für Wanderroste ergaben sich ähnliche Zahlen. Bei Gasfeuerungen wurden bis zu 3 bis 4 Mill. kcal/m^{3}h erreicht. Diese hohe Zahl erklärt sich nach Rosin durch die kleine Zündzeit des Gases. Der Schwierigkeiten der Ausmauerung scheint man bei manchen Anlagen bereits Herr geworden zu sein. Es wurde von erzielten Brennstundenzahlen bis zu 15 000 berichtet. Gewarnt wurde vor der Verwendung von Lufterhitzern, bei denen durch die Flugasche leicht Betriebstörungen entstehen können. Die Flugasche kann sich auch bei Ventilatoren unliebsam bemerkbar machen, indem sie an den Flügeln anhaftet und sie stark beschwert, so daß die Ventilatoren gut zugänglich sein müssen. Im übrigen scheint die Flugaschenfrage bei der Kohlenstaubfeuerung noch nicht ganz geklärt. Durch Kohlenstaubexplosionen scheinen keinerlei Schwierigkeiten entstanden zu sein. Ruhig lagernder Kohlenstaub soll auch nicht durch Einwerfen glühender Eisenteile zur Explosion zu bringen gewesen sein. Auch bei Schweißarbeiten an einem mit Kohlenstaub gefüllten Bunker war keinerlei Erscheinung am Kohlenstaub zu bemerken. Nur aufgewirbelte Kohlenstaubwolken sind gefährlich. Für das Bunkern wurde jedoch verschiedentlich empfohlen, den Kohlenstaub kalt einzuführen. Bei der Frage der Beschaffung der erforderlichen Kohlenstaubmengen wurde von den bergbaulichen Vertretern darauf hingewiesen, daß die Zechen noch weit mehr Kohlenstaub liefern könnten als zur Zeit abgenommen wird. Grudekoks und Steinkohlenkoks sollen bei der Vermahlung erhöhten Kraftverbrauch erfordern. Für die Trocknung wurde überall, wo Abdampf vorhanden, Dampftrocknung empfohlen, und zwar soll diese Trocknung möglichst weitgehend erfolgen, zumal der Wirkungsgrad der Trockner außerordentlich hoch ist. Von seiten des Reichskohlenrates wurde berichtet, daß sich bei Versuchen auf einer Dreiwalzenringmühle westfälische Steinkohlen von rd. 8 vH Feuchtigkeit zu normaler Feinheit haben vermahlen lassen, allerdings bei erheblicher Minderleistung der Mühle, aber dabei auch, absolut genommen, erheblich geringerem Kraftverbrauch. Direktor Barthelmeß, Düsseldorf, berichtete, daß es ihm gelungen ist, auf seiner mit Unterdruck arbeitenden pneumatischen Mühle sogar Steinkohle mit 20 vH und Braunkohle mit 47 vH Feuchtigkeit noch gut zu vermahlen. Es scheint nur auf die Trocknung der Oberfläche anzukommen, die infolge des Unterdruckes in der Mühle mit wachsender Feinung stufenförmig vor sich geht, so daß der Staub mit hohem Trockenheitsgrad die Mühle verläßt.

Die Wirtschaftlichkeit bei Kohlenstaubbezug ist mangels bahneigener Wagen durch den nötigen Kapitaldienst für die Anschaffung von Sonderwagen und deren Rückfracht stark beeinträchtigt. Für Mahlanlagen zum Wiederverkauf von Kohlenstaub fehlt auch heute noch der Absatz. Bei Einrichtungen von Kohlenstaubfeuerungen ist zu beachten, ob es sich um eine Umstellung oder Neuanlage handelt. Gegenüber guten Wanderrostfeuerungen mit zur Verfügung stehender geeigneter Kohle und gleichmäßigem Betrieb wird die Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades durch Erhöhung der Brennstoffausnutzung auf rd. 5 vH geschätzt, die häufig nicht genügen, einen Umbau auf Kohlenstaub wirtschaftlich zu gestalten. Dagegen kann sich bei günstig liegenden Fällen ein Übergang zur Kohlenstaubfeuerung in wenigen Monaten bezahlt machen.

Der Gesamteindruck über den heutigen Stand der Kohlenstaubfeuerungen läßt sich auf Grund dieser Tagung dahin zusammenfassen, daß die Kohlenstaubfeuerung nicht für alle Zwecke geeignet ist und wegen ihrer hohen Anlagekosten einen Umbau nicht immer wirtschaftlich rechtfertigen kann, daß aber in sehr vielen geeigneten Fällen bei zweckentsprechender Ausführung ganz erhebliche Ersparnisse und Betriebsvorteile zu erzielen sind.

[N 559] Förderreuther.

[1]) Während der Drucklegung wird bekannt, daß Prof. Franke am 8. Juni d. J. infolge eines Herzschlages verstorben ist.

[2]) Archiv für Wärmewirtschaft, Bd. 6 (1925) S. 143.

Hebezeuge.

Die Vorteile des Reihenbaues elektrischer Hubwerke

Der Bau elektrischer Krane und Hebezeuge unterscheidet sich von dem übrigen Maschinenbau insbesondere dadurch, daß die Konstruktionen den Örtlichkeiten und Verwendungszwecken angepaßt werden müssen, so daß es früher fast unmöglich schien, solche Konstruktionen in Reihenherstellung auszuführen. Wohl ging man dazu über, für einige Teilkonstruktionen Normen aufzustellen und aus diesen genormten Elementen elektrische Hubwerke und Krane zusammenzubauen. Diese Ausführungen nahmen große Abmessungen an, so daß man gezwungen war, bei den in der Praxis vorliegenden beschränkten Raumverhältnissen je nach dem Wunsch des Abnehmers besondere Konstruktionen zu schaffen. Daher ließen sich für die Herstellung der einzelnen Teile Sondervorrichtungen, Preßstücke und Sonderverzahnungen nicht verwenden, da größere Reihen nicht aufgelegt werden konnten. Man verwandte deshalb gegossene Zahnräder und umfangreiche Rahmenkonstruktionen, besonders angebaute Schneckengetriebe und Bremsen, deren Herstellung teuer war und welche die ganze Hubwerkskonstruktion als ein zusammengeschachteltes Gebilde erscheinen ließen.

Die Verhältnisse änderten sich erst, als man zum Bau der elektrischen Flaschenzüge überging und dadurch gezwungen wurde, in sich geschlossene Konstruktionen zu schaffen. Jetzt erst bot sich infolge der größeren Stückzahlen die Möglichkeit, die einzelnen Konstruktionselemente durch Sonderkonstruktionen in ihren Abmessungen zu beschränken. Man baute zunächst Flaschenzüge mit Lastketten, da dieser Weg durch die Handflaschenzüge gewiesen war. Doch diese Ausführungen eigneten sich schlecht für den elektrischen Betrieb, da die kalibrierte Kette wohl für den Handflaschenzug brauchbar ist, nicht aber für die Elektroflaschenzüge; denn ein solcher Zug soll in einem neuzeitlichen Betrieb unbedingt lohnsparend arbeiten und muß darum für schnelles Heben geeignet sein; ein schnelles Heben ist jedoch bei Kettenzügen nicht möglich, so daß schon aus diesem Grunde der Bau von Seilflaschenzügen notwendig wurde. Der günstige Wirkungsgrad und

Abb. 1: Bocozug, Schnitt durch das Hubwerk.

a, b Seitenschild
c Trommel
d Antrieblager
e Trommelbolzen
f, g Motorvorgelege
h Triebwelle
i Doppelrad
k Zwischenrad
l Trommelinnenverzahnung
m Steuerkappe
n elektromagnetische Topfbremse
o Feder
p Magnet
q Magnetanker
r Schalter
s Grenzschalter
t Widerstände
u Hubmotor.

die größere Beweglichkeit des Seilzuges waren ebenfalls mitbestimmend.

Diese Betriebsforderung brachte zunächst die größten Konstruktionsschwierigkeiten, denn es galt, die Seiltrommel trotz ihrer außerordentlich großen Abmessungen mit den Triebwerken, dem Motor und der Steuerung so zu vereinigen, daß eine in sich geschlossene Konstruktion erhalten wurde. Man versuchte die verschiedensten Lösungen, indem man z. B. Steuerung, Motor und Getriebe neben die Trommelwindungen legte und sie durch ein gemeinsames Gehäuse umfaßte; doch diese und ähnliche Konstruktionen ergaben so sperrige Gebilde, daß der ganze Aufbau schwer und unhandlich wurde. Die beste Lösung wurde von den Firmen ausgeführt, welche die Trommel als Schutzgehäuse für das Getriebe benutzten, so daß der Motor und das ganze Getriebe von der Trommel umschlossen wurden; denn dieser Einbau spart nicht nur das schwere und oft zusammengesetzte Getriebegehäuse, sondern kürzt auch die Konstruktionslänge beträchtlich.

Ein Beispiel einer solchen Konstruktion findet man in Abb. 1, die einen Schnitt durch das Hubwerk des Boco-Flaschenzuges[1]) darstellt. Dieses Hubwerk gibt eine Getriebeanordnung, bei der die Trommel selbst zur Lagerung des Getriebes benutzt wird. Die einzelnen Rädervorgelege erhalten auf diese Weise eine günstige und dauerhafte Lagerung. Die Grundkonstruktion bildet ein Gehänge, das die Seitenschilder *a* und *b* trägt; am Seitenschild *a* ist der Hubmotor befestigt; die Trommel *c* ist sowohl auf dem Antrieblager *d* des Motors als auch auf einem Bolzen *e* gelagert, der im Seitenschild *b* eingebaut ist. Die beiden Trommelwände bilden den Ölkasten für das Motorvorgelege *f* und *g*, das die Triebwelle *h* antreibt. Von dieser geht die Kraftübertragung über ein Doppelrad *i* und die Zwischenräder *k* zur Trommelinnenverzahnung *l*.

Der Hubmotor selbst trägt die Trommel; man kann also gewöhnliche Gleitlager verwenden und verwickeltere Konstruktionen vermeiden. Diese Lager werden ebenso wie die Lager des Motorvorgeleges ständig mit dem Öl geschmiert, das durch die sich drehende Trommel bewegt wird. Das Motorvorgelege hat durch seinen Einbau in die Trommelwände die bestmögliche Lagerung. Die weitere Übertragung bildet das Doppelrad *i*, zu dessen Lagerung der Trommelbolzen *e* benutzt wird, so daß der Hubwerkantrieb mit Ausnahme des wenig belasteten Motorvorgeleges weder Schrauben noch Keile aufweist. Der günstigste Wirkungsgrad und die große Lebensdauer des Getriebes wird durch die gut durchgeführte Schmierung sämtlicher Teile gewährleistet.

Auch bei der Steuerung des Flaschenzuges zeigen sich die großen Vorteile des Reihenbaues; die Teile der elektrischen Steuerung haben sich von vorhandenen Ausführungen vollkommen frei-

[1]) Hersteller sind die Albatroswerke, A.-G., Berlin-Johannisthal.

Abb. 2. Normalhubwerk in einer Laufkatze.

Abb. 3. Laufkatze mit beschränkter Bauhöhe.

gemacht, so daß sie als Sonderkonstruktion in eine kleine Steuerkappe *m* eingebaut werden konnten. Man findet in dieser den Schalter mit Widerständen, einen unmittelbar von dem Getriebe angetriebenen Spindelendausschalter und eine elektromagnetische Bremse, die als Topfbremse *n* ausgebildet ist und durch die Feder *o* belastet wird. Die Bremse wird durch den Magneten *p* gelüftet und dadurch nachgestellt, daß der Magnetanker *q* auf einem Gewindegange gedreht und so dem Magneten selbst genähert wird. Dies ist eine besonders einfache Bremskonstruktion, da alle Hebel und Gestänge vermieden werden. Magnetanker und Bremskegel werden gemeinsam auf einem Kugelzapfen gelagert, so daß Bremse und Magnet betriebsicher arbeiten.

So ermöglichte der Reihenbau im vorliegenden Fall, ein Hubwerk von gedrängtester Bauart und geringstem Gewicht zu schaffen; z. B. wiegt die kleinste Ausführung, der 1000 kg-Zug, rd. 100 kg bei einem Trommeldurchmesser von rd. 200 mm; diese Hubwerke kann man mit Vorteil mit den verschiedensten Abänderungen verwenden, da für die einzelnen Verwendungszwecke nur die Stützschilder *a* und *b* auszuwechseln sind. Abb. 2 gibt ein Beispiel der Verwendung als Hubwerk zum Einhängen in ein Laufkatzenfahrwerk. Bei Ausführung der Schilder mit Füßen erhält man eine besonders einfache Windenkonstruktion. Die großen Vorteile dieser Reihenbauart übertragen sich ohne weiteres auf alle Hebezeugkonstruktionen, zu denen man diese Hubwerke verwendet; denn es ist in allen Fällen möglich, raumsparend und so wirtschaftlich zu konstruieren, daß die zur Verfügung stehenden Räume in der richtigen Weise ausgenutzt werden. Nur auf diese Weise gelang es in vielen Fällen, Handhebezeuge gegen neuzeitliche elektrische Hebezeuge auszuwechseln, da für die gewöhnlichen sperrigen Laufkatzenkonstruktionen genügend Raum zum Einbau nicht vorhanden war. Eine solche Anlage ist in die Werkstatt einer Lokomotivfabrik eingebaut worden. Der Raum zwischen dem vorhandenen Laufkranträger und dem Dachbinder war so gering, daß nur noch die Trommel untergebracht werden konnte; ferner war der Raum unter dem Kranhaken durch große Werkzeugmaschinen so beschränkt, daß ein Hochziehen des Kranhakens zwischen den Laufkranträgern unbedingt erforderlich war. Unter Benutzung der Windenkonstruktion wurde eine Laufkatze geschaffen, die alle Bedingungen erfüllt, Abb. 3.

Gleich schwierige Verhältnisse lagen bei der Aschenförderanlage eines Elektrizitätswerkes vor, da durch die Höhe des Aschenraumes die Trägerhöhe festgelegt war; trotzdem sollte der gefüllte Aschenkübel über die Wände eines offenen Eisenbahnwagens gefahren werden können. Die Bedingung wurde erfüllt durch eine Laufkatzenkonstruktion, die nach Abb. 4 mit Hilfe der gewöhnlichen Winde ausgeführt wurde. Die Seile der Winde werden seitwärts über Umlaufrollen geführt, die beiderseitig neben dem Laufbahnträger liegen; so war es möglich, den Lasthaken bis unmittelbar unter den Laufbahnträger zu heben und eine gute Hubausnutzung zu erzielen. Abb. 5 zeigt die Konstruktion eines Schwenkkranes mit fahrbarer Laufkatze, bei dem die Hubhöhe infolge der niedrigen Gebäudewand in äußerster Weise ausgenutzt werden mußte. Die Reihenbauart der Winde, aufgebaut auf einen Laufkatzenrahmen, brachte durch die hochgesetzte Trommel die gewünschte Lösung. Die Laufkatze hat keinen besonderen Fahrantrieb, die Laufräder laufen auf Kugeln, so daß die Last in dem vom Schwenkkran bestrichenen Raum leicht nach jeder beliebigen Stelle durch einfachen Druck bewegt werden kann.

Abb. 4 Laufkatze mit seitlicher Normalwinde.

In den Bootshäusern von Sportvereinen sind die Räumlichkeiten sehr beschränkt. Es fehlen gute Hebevorrichtungen, um die Boote auf die oberen Stände zu legen, so daß die zur Verfügung stehende Bodenfläche stets schlecht ausgenutzt wird. Auch hier gab die Reihenwinde die Möglichkeit, ein gutes elektrisches Hebezeug auszuführen, das die Raumhöhe vollkommen ausnutzt. Es wurde eine fahrbare Hubvorrichtung mit zwei Huborganen gebaut, welche die Boote bis an die Windentrommel heben kann und ein schnelles Arbeiten gestattet. Das Fahrwerk läuft auf Drehgestellen und Kugellagern, so daß die Katze durch Kurven auch an die Nachbarstände verfahren werden kann. Für sperrige Stücke wie Papierrollen und Karosserien, Abb. 6, wurden Sonderlaufkrane gebaut, in die ein festes Laufkatzenhubwerk mit zwei Huborganen eingebaut wurde. [M 109] Dr.-Ing. Pfahl.

Abb. 5. Fahrbare Normalwinde auf Schwenkarm

Abb. 6. Laufkatzen mit doppeltem Hub.

Abb. 7. Zwergdruckluftlokomotive der Demag, Duisburg.

Bergbau.

Torkret beim Schachtabteufen.

Beim Weiterabteufen des Hauptförderschachtes der Zeche Arenberg-Fortsetzung in Bottrop wurden die Schachtstöße unter Fortfall des früher gebräuchlichen vorläufigen Ausbaues aus U-Eisenringen und Bretterverzug nach dem Torkretverfahren[1]) mit Spritzbeton gesichert. Dieser besteht aus einer Mischung von drei Teilen Rheinsand von 0 bis 8 mm Korngröße und einem Teile Portlandzement. Das ohne Wasserbeigabe mit der Hand gemischte Betonmenge wird nochmals gründlichst durchgemischt und dann mit Hilfe von Druckluft durch Schläuche zur Verwendungsstelle geführt, wo es durch eine Mischdüse, in der die notwendige Wassermenge zugesetzt wird, gegen die zu betonierenden Wände gespritzt wird. Die Vorrichtung ist im Kellerfüllort der dritten Sohle aufgestellt, wo auch das Gut mit der Hand gesiebt, gemischt und aufgegeben wird. Ein 1 m³ fassender Wasserbehälter ist oberhalb der Maschine angebracht.

Beim Betonspritzen sind zwei Arbeiter auf der Schachtsohle und drei mit der Betonherstellung und Wartung der Maschine beschäftigt. Das täglich abgeteufte Stück von durchschnittlich 1 bis 2 m bei 7,25 m l. W. wird anschließend sofort fertig gespritzt. Der Schachtstoß wird nach gründlicher Abreibung zunächst mit einer 5 mm dicken Betonschicht überspritzt, über die ein leichtes Drahtgeflecht von 1 m Breite und 4 cm Maschenweite bei einer Drahtdicke von 1 mm gezogen wird. Dieses wird 3 bis 4 cm dick eingespritzt und zwei Steine stark ausgemauert. Durch den Fortfall des vorläufigen Ausbaues wird der Abteufbetrieb wesentlich vereinfacht und die eigentliche Abteufleistung erhöht. Im ganzen sind beim Spritzverfahren auf 1 m 5 Schichten gegenüber 8 Schichten beim Abteufen mit vorläufigem Eisenausbau erforderlich. Als besonderer Vorteil sei erwähnt, daß der ganze Schachtzylinder wegen der Möglichkeit des senkrechten Herunterbohrens der Stoßschüsse viel sorgfältiger ausgeschossen wird und daher die ganze Schachtmauer eine gleichmäßigere Dicke erhält. Kleinere Wasserzuflüsse von 4,5 m³ in 24 h sind mit dem Spritzverfahren abgedichtet und auf 0,5 m³ vermindert worden. Die Gesamtkosten einschließlich Abschreibung der Anlagen belaufen sich auf 59 ℳ/m. („Glückauf" Bd. 61 (1925) S. 76.) [N 276] Prockat.

Schachtabteufen nach dem Grundwasserabsenkverfahren.

Das bisher nur bei dem Ausführen von Gründungsbauten in grundwasserführenden Schichten angewendete Grundwasserabsenkverfahren mittels Rohrbrunnen ist neuerdings mit gutem Erfolg auch im Braunkohlenbergbau angewendet worden beim Abteufen von Schächten zwecks Aufschluß von Tiefbauflözen[2]). Bei dem Verfahren werden von über Tage eine Anzahl von Rohrbrunnen um den Schacht abgebohrt und von diesem mit Strecken angefahren, in denen die einzelnen Brunnen miteinander verbunden und von einer in Streckenhöhe stehenden gemeinsamen Pumpe betrieben werden, wodurch das Absenken des Grundwasserspiegels um 4,5 bis 5 m gelingt; auf dem Scheitel der Absenklinie läßt sich dann im Schutze der vorhergehenden Staffel eine neue einrichten.

Bodensenkungen oder Rißbildungen infolge Volumenverminderung der Sande haben sich durch geeignete Wahl der Filterabmessungen vermeiden lassen. Für den Ausbau des Schachtes mit 3 × 4 m² Querschnitt wurde halbe Bolzenschrotzimmerung angewendet. Die Bohrlöcher der ersten und zweiten Staffel waren elliptisch um den Schacht angeordnet, bei der dritten und vierten Staffel dagegen kreisförmig. Beim Abteufen der letzten nicht entwässerten 3 bis 4 m im Triebsand bis zum Anschluß an die Lettenschicht über der Kohle mußte man auf eiserne Spundwände, System Larssen, zurückgreifen. Als besonderer Vorzug dieses Verfahrens ist zu erwähnen, daß die Reichweite des Grundwasserabsenkens durch die Schachtwasserhaltung ziemlich groß ist und man daher den zweiten, von der Bergpolizei vorgeschriebenen Schacht nebenbei bis auf den Scheitel der Absenklinie im trockenen Gebirge bei geringsten Kosten abteufen kann.

[N 487] Prockat.

[1]) Z. Bd. 64 (1920) S. 408, Bd. 65 (1921) S. 324 1363.
[2]) „Braunkohle" Bd. 24 (1925) S. 28.

Neuartige Zwergdruckluftlokomotive.

Die Druckluftlokomotiven werden für Grubenbetrieb in der Hauptsache in drei Größen gebaut, und zwar als Normallokomotiven für den Verkehr in den Hauptquerschlägen zum Befördern langer Züge zum Schacht, dann als Zubringelokomotiven für den Verkehr in den Nebenstrecken und zum Zusammenstellen zu Hauptförderzügen und als sogenannte Vorort- oder Zwerglokomotiven zum Wegschaffen der Kohle unmittelbar vor Ort. Bei der Zwerglokomotive, Abb. 7, die von der Demag gebaut ist, hat man, wie schon der Name sagt, Wert auf möglichst geringe Abmessungen gelegt. Die Lokomotive kann nach Abnahme des Führersitzes ohne weiteres auf den Förderkorb geschoben werden. Der Führersitz selbst ist ein kleiner Blechkasten, in dem keinerlei Armatur usw. untergebracht ist und der von einer Person leicht ab- und angehängt werden kann, ohne daß Rohrleitungen und dergl. gelöst werden müssen. Hierdurch entsteht eine Reihe Vorteile. Einmal kann die Lokomotive während einer Schicht auf verschiedenen Fördersohlen benutzt werden, indem sie mit dem Förderkorb wie jeder Förderwagen von einer Sohle zur andern gebracht wird. Außerdem kann die Lokomotive im Fall einer notwendig werdenden Ausbesserung schnell über Tage befördert werden, wo die Arbeiten viel schneller und besser auszuführen sind als in der Grube. Es wurde ferner Wert auf ein nicht zu hohes Gewicht der Lokomotive gelegt, damit sie auf den schwächsten Schienen bis in die entlegensten Orte verkehren kann. Das Lokomotivgewicht ist kaum größer als das eines beladenen Förderwagens neuester Bauart und beträgt etwa 2 t. Trotzdem beträgt die Zugkraft in der Regel 150 kg, im Höchstfall 220 kg, so daß die Zwerglokomotive je nach dem Laufwiderstand der Wagen acht bis zehn Wagen ziehen kann. Die Behälter von 0,2 bis 0,25 m³ Größe genügen, um bei einem Fülldruck von 150 bis 175 at bei der angegebenen Belastung eine Strecke von 1200 m hin und zurück zu durchfahren. Der Antrieb erfolgt durch eine Verbundmaschine mit Zwischenerwärmung der Arbeitsluft. Die Kennwerte der Lokomotive sind folgende:

Leergewicht . . . . 2 t
Geschwindigkeit 7 bis 10 km/h
Kesselgröße . . 0,2 bis 0,25 m³
Fülldruck . . . 150 bis 175 at
Fahrdruck in den Zylindern 14 bis 16 „
Nutzleistung 12 Nutztonnen-km/h
Achsenzahl 2
Radstand . . . . . . 525 mm

Fahrstrecke mit einer Füllung 1000 bis 1100 m hin und zurück bei 150 at und 1200 bis 1300 m hin und zurück bei 175 at Fülldruck
Leistung in der Regel . . 4 PS
„ im Höchstfall . 6 „
Zugkraft in der Regel . 150 kg
„ im Höchstfall 220 „
Länge der Maschine 2000 mm
Breite der Maschine . 800 „
Höhe „ „ 1250 „

[M 281]

Die Kohlensäure des Ackerbodens: die grüne Kohle.

Berichtigung. In Heft 21 S. 717, l. Spalte, letzte Zeile, muß es heißen: 0,5 Billiarden m³ statt Bill. [N 603]

BÜCHERSCHAU.

Wasserstraßenjahrbuch 1924. Herausgegeben von Zeitler und Ott in Verbindung mit dem Zentralverein für Binnenschiffahrt. München 1924, Richard Pflaum. 328 S. 2 Taf. Preis 10 *M*.

Das neue Jahrbuch bringt wieder eine Fülle von Aufsätzen, die sich zum Teil mit dem Bau und Entwürfen von Wasserstraßen, im ganzen und in Einzelheiten, zum Teil mit ihrer Verwaltung, ihrem Betrieb und Verkehr beschäftigen. Auf den reichen behandelten Stoff kann hier mangels Raum im einzelnen nicht eingegangen werden. Nur wenige Punkte seien herausgegriffen.

Über verkehrsgeographische Struktur und rechtlich-wirtschaftliche Organisation der Binnenhäfen meint der Verfasser, daß die wirtschaftswissenschaftliche Behandlung mit dem Ausbau unserer Wasserstraßen leider nicht entfernt Schritt gehalten habe und technisch-wissenschaftliche Bearbeitungen dieser Art nur einen wirtschafts-wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Anstrich hätten; diese Abhängigkeit von der technischen Anschauungsweise habe, je größer sie werde, um so stärkere Bedenken gegen sich. Eine Begründung dafür ist nicht beigegeben. Die erste Behauptung ist anzuerkennen. Die ausübende Technik eilt eben der Wirtschaftswissenschaft oft weit voran und technische Kreise geben sich zudem leider allzuwenig mit solchen Fragen ab. Die zweite Behauptung kann aber keineswegs unwidersprochen hingenommen werden. Gerade technische Kreise dürften in erster Linie berufen sein, die Wirtschaftsfragen ihres Gebietes wissenschaftlich zu behandeln. Kennt im übrigen der Verfasser nicht die Werke von Sympher, O. Teubert u. a., die grundlegend und durchaus wirtschaftswissenschaftlich diese Gebiete behandelt haben? Allerdings betreibt der produktiv arbeitende Ingenieur diese Dinge weniger nach der rechtlich-formalen Seite.

Bei den technisch-wirtschaftlichen Zeitfragen des Binnenschiffahrtsbetriebes werden die Selbstkosten der Schiffahrt erörtert und in dankenswerter Weise Versuche angeregt, um die richtige Schleppdampferstärke, die wirtschaftlichste Geschwindigkeit, also die Größe der zu schleppenden Nutzkraft für jede Stromstrecke zu bestimmen. Auch unsere Versuche in den Jahren 1910/11 beschäftigten sich mit solchen Dingen und konnten u. a., ausgehend von dem Kohlenverbrauch, die wirtschaftlich günstigste Ladung feststellen, die keineswegs der vollen Ladung entspricht. So ergaben sich z. B. bei 4 km/h Geschwindigkeit in einem Schleppzug von zwei Kähnen, dessen volle Ladung 1200 t Nutzlast faßte, die geringsten Kohlenkosten bei 650 t Nutzlast[1]). Die Weiterverfolgung solcher Untersuchungen wäre auf das Lebhafteste zu begrüßen.

Man darf anerkennen, daß auch dieser Jahrgang des Wasserstraßenbuches für alle Beteiligten von größtem Werte sein dürfte.
[E 365] Mattern.

Untersuchungen über die Gas- und Öl-Gleichdruckturbine. Von W. Gentsch. Halle 1924, W. Knapp. 123 S. mit 40 Abb. Preis 1,30 *M*.

Das im Jahre 1904 durch die Gasmotorenfabrik Deutz, die Maschinenbauanstalt Humboldt, die Berliner Maschinenbau-A.-G. vorm. L. Schwartzkopff und die Stettiner Maschinenbau-A.-G., „Vulcan" gebildete Semmler-Konsortium ist mit erheblichem Aufwand an geistigen und Geldmitteln an die Lösung des Gasturbinenproblems herangetreten und hat planmäßige Forschungen über Gleichdruck-Gas- und Ölturbinen im Gegensatz zu Gasturbinen, die mit Explosion des Betriebsmittels arbeiten, insbesondere nach C. Semmler ausgeführt. Der Verfasser hat sich der Aufgabe unterzogen, die Ergebnisse der 1905 abgeschlossenen Versuche zu sichten und im Verein mit eigenen Gedanken darüber zu berichten. Wenngleich die Versuche nicht zu dem erstrebten Ergebnis geführt haben, so bietet doch der Bericht (die vorliegende Schrift ist nur ein Auszug aus einer vom Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes preisgekrönten, bisher nicht veröffentlichten Arbeit) wertvolle Aufschlüsse.
[E 308] W. Kieser.

Das Wesen des Gußbetons. Von Dr.-Ing. G. Bethke. Berlin 1924, Julius Springer. 58 S. mit 33 Abb. im Text. Preis geb. 3,30 M.

„Eine Studie mit Hilfe von Laboratoriumsversuchen" bezeichnet der Verfasser die Schrift, und aus dem Vorwort von E. Probst geht hervor, daß Ergebnisse gebracht werden, die im Rahmen der Forschungsarbeiten des von letzterem geleiteten Instituts für Eisenbeton an der Technischen Hochschule in Karlsruhe gewonnen worden sind. Die Einleitung enthält Angaben und Literaturhinweise über die Entwicklung des Gußbetonbaues besonders in Europa, Bemerkungen über besondere Eigenschaften des Gußbetons und sein Verhältnis zum Stampfbeton und ein Versuchsprogramm zur Lösung der Aufgabe, durch Konsistenzprüfungen die einwandfreie Beschaffenheit des Betons nachzuweisen und die Faktoren zu studieren, die die Konsistenzbildung überhaupt beeinflussen, als erste Reihe von Gußbetonversuchen, die durch Prof. Dr.-Ing. Probst angeregt worden sind.

Die Durchführung und die Ergebnisse dieser Versuche bringen die beiden Hauptabschnitte „Voruntersuchungen", worin die Prüfung der verwendeten Baustoffe, die Herstellung der Probekörper und Konsistenzprüfungen behandelt werden, sowie „Hauptuntersuchungen", die sich auf Festigkeit und Elastizität von Gußbeton unter verschiedenen Einflüssen, das Schwinden des Gußbetons, Wasserdichtigkeits- und Strukturuntersuchungen sowie Entmischung beim Transport beziehen. Am Schluß sind die Ergebnisse der Untersuchungen zusammengefaßt, die als ein wertvoller Beitrag zum weiteren Eindringen in die Gußbetonfrage bezeichnet werden können. [E 431] Bu.

Handbuch des Müllers und Mühlenbauers. Von Ingenieur R. Sacher. 2. Aufl. Leipzig, Verlag Deutscher Müller. 552 S. m. 567 Abb. u. 16 Tafeln. Preis 7 *M*.

Dieses Buch enthält alles Wissenswerte, das für den Müller erforderlich ist. Zu bemängeln ist nur der allzu wort- und bilderreiche Text, denn allein der geschichtliche Rückblick nimmt 24, die Brotfrüchte 32, die Antriebmaschinen 103 und die Beschreibung der Müllereimaschinen 93 Seiten ein; fast alle Arten der Müllereimaschinen, als: Walzenstühle, Plansichter und selbst die kleinsten Geräte sind so weitgehend beschrieben, daß die Bearbeitung des Stoffes ermüdend auf den Leser wirken muß. Störend wirken auch die Anzeigen zwischen den Textseiten. Mehr anregend sind die Beschreibungen und Berechnungen der verschiedenen Getreidespeicherarten, die aber, wegen ihrer schwierigen Formeln, nur von Technikern, weniger aber vom Müller verstanden werden. Die Windmühlen mit ihren Windkraftmaschinen wurden vom Verfasser recht gut und gemeinverständlich beschrieben, jeder Windmüller wird die Abhandlung mit Interesse lesen und auch seinen Nutzen daraus ziehen können. Das ganze Werk kann jedem Müller und Mühlenbauer, der mit Ernst und Geduld lernen will, bestens empfohlen werden.
[E 526] Kettenbach.

Lehrbuch der Physik in elementarer Darstellung. Von A. Berliner. 3. Aufl. Berlin 1924, Julius Springer. 645 S. m. 734 Abb. Preis geb. 18,60 *M*.

Das Buch wendet sich im wesentlichen an solche, die die Physik als Hilfswissenschaft gebrauchen, z. B. an Mediziner und Chemiker. Der Verfasser hat deswegen eine elementare Darstellung gewählt, die, wie das Vorwort zur dritten Auflage einräumt, mancherlei Opfer an Straffheit der Beweisführung fordert. Die Anlage des Werkes folgt im wesentlichen der hergebrachten Einteilung der Physik in Mechanik, Wärme, Akustik, Elektrizität und Optik. Neue Forschungsgebiete der Physik, die für später eine Neueinteilung der Physik vorbereiten, sind in diese Abschnitte eingereiht; die Relativitätstheorie in die Mechanik, die Quantentheorie in die Lehre von der Wärme, die kurzwelligen Strahlen, die Radioaktivität und die Atomtheorie in die Elektrizitätslehre.

Die Atomphysik, die Radioaktivität und Teile der Wärme sind in der neuen Auflage unter Mitwirkung von Geiger und Henning neu bearbeitet worden. Das Bestreben, neue Ergebnisse der physikalischen Forschung in den Kreis der Betrachtung einzubeziehen, ist offensichtlich, doch die Auswahl dieses Neuen scheint mir oft recht willkürlich. So ist z. B. die Elektronenröhre, diese wichtigste technische Errungenschaft der modernen Experimentalphysik, nicht erwähnt, während der technisch längst überholte Kohärer in Wort und Bild beschrieben wird und andere Gebiete, z. B. die Photometrie oder die Influenz-Elektrisiermaschine, unnötig breit dargestellt werden. Trotz dieser Mängel hat das Buch seine sehr guten Eigenschaften, die es ja auch in seiner bisherigen Laufbahn hinreichend bewährt hat. Unter den vorhandenen elementaren Lehrbüchern der Physik steht es unzweifelhaft mit an erster Stelle. [E 394] P. Ludewig.

Leitfaden zum graphischen Rechnen. Von Dr., Dr.-Ing. R. Mehmke 2. Aufl. Leipzig und Wien 1924, Franz Deuticke. 183 S. m. 144 Abb. Preis 5 *M*.

Die Stärke des Werkes, das sich Leitfaden und nicht Lehrbuch nennt, da es für jede Aufgabe statt einer Übersicht über die bekannten Lösungen nur eine am besten geeignete Lösungsart bringt, liegt in der vorzüglichen Zusammenstellung, Erklärung und vor allem im Ausbau der graphischen Rechenmethoden, die auf dem Gebrauch der logarithmischen Maßstäbe beruhen. Die Lösung von Gleichungen mit Hilfe der Funktion $\frac{1}{x} + 1$ ist für Ingenieure außerordentlich lehrreich und kann eine Fundgrube für eine Reihe von fruchtbaren Anwendungen sein. Auch die an-

[1]) Mattern-Buchholz, Schlepp- und Schraubenversuche im Oder-Spree-Kanal und im Großschiffahrtweg Berlin-Stettin. Leipzig 1912, S. 35.

deren Kapitel des Buches, z. B. die graphische Behandlung der Differentiation und Integration, bieten dem Ingenieure vielfach Anregungen.

Das Buch ist um zwei Anhänge erweitert, die sich zum Teil mit der Auflösung von Gleichungen mit Hilfe von Linienkoordinaten und mit der Berechnung von statischen und höheren Momenten auf graphischem Wege befassen.

Wie jedes derartige mathematische Werk könnte das Buch für den Ingenieur dadurch gewinnen, wenn in einem Anhang technische und physikalische Aufgaben übersichtlich geordnet und daneben die im Buch vorhandenen Lösungsbehelfe angegeben würden. [E 377] Prof. Dr. R. Doerfel, Brünn.

Der internationale Rechtsschutz der Patente, Muster, Warenzeichen und des Wettbewerbes. Von Dr. A. Marck, Berlin 1924, Julius Springer. 129 S. Preis: geh. 4,80 *M*, geb. 5,70 *M*.

Die Durchführung zwischenstaatlicher Verträge war mangels einer darüber stehenden Macht von jeher schwankend und unzuverlässig. Der Krieg hat auf dem Gebiet des zwischenstaatlich gewerblichen Rechtschutzes völlige Unsicherheit gebracht, auch die Verträge, die den Krieg abschließen sollten, haben keine durchgreifende Abhilfe geschaffen. Immerhin geben sie einen Anhalt für das, was Rechtens sein sollte. Das vom Verfasser des Werkes empfundene Bedürfnis nach einer Zusammenstellung der hierher gehörenden Gesetze mit Erläuterungen ist darum allgemein vorhanden. Das Buch bringt den Wortlaut der verschiedenen Verträge in der Ursprache und deutsch, zu den wichtigsten Verträgen auch Erläuterungen.

Die Absicht des Verfassers, das Buch nicht nur für den Fachmann, sondern auch für weitere Kreise verwendbar zu machen, scheint ihn zu einer breiteren Behandlung bestimmt zu haben als für den Fachmann erforderlich ist. Anderseits hat er stellenweise ausführlicher sein dürfen, z. B. bei der Frage des Staatsgebiets, S. 26, und des Ablaufs der Prioritätsfrist, S. 44; vielfach wäre auch ein tieferes Eingehen auf die Gründe der angeführten Rechtsnormen und eine schärfere Ausdrucksweise erwünscht, die auch beim Fachmann alle Zweifel ausschließt. Aber auch ohne Erläuterungen ist die in dem Buch enthaltene gedrängte Übersicht des gegenwärtigen Rechtszustandes dem Fachmann ein Hilfsmittel, und die Erläuterung gibt dem Gewerbetreibenden allgemeinen Aufschluß über seine Rechte aus zwischenstaatlichen Verträgen. [E 304] Neubauer.

Die graphische Statik der Baukonstruktionen. Von Heinrich Müller-Breslau †. Bd. 2, Abt. II. 2. verm. Aufl. Leipzig 1925, Alfred Kröner. 720 S. m. 553 Abb. Preis 20 *M*.

Mitteilungen a. d. Forschungsheim f. Wärmeschutz e. V. München. Herausg. v. Ernst Schmidt. H. 5. Dezember 1924. München 1924, Selbstverlag. 93 S.

Untersuchungen über das alte Wasserwerk von Leopoldshall bei Neundorf und das Leopoldshall-Bernburger Wasserwerk im Köxbusch bei Rathmannsdorf. Von Prof. Reichle u. Prof. Klut. Berlin 1925, Richard Schoetz. 72 S. m. versch. Abb. Preis 3 *M*.

Die Wunder der Wissenschaft. Herausg. v. Curt Thesing. Bd. 1: **Physik u. Chemie.** Von Albert Neuburger. München 1925, Albert Langen. 311 S. m. 61 Abb. Preis geh. 5 *M*, geb. 7,50 *M*.

Lastkraftwagen u. Nutzfahrzeuge. Von Richard Hofmann. (Volckmanns Kraftfahrer-Bibliothek Bd. 11.) Berlin-Charlottenburg 1925, C. J. E. Volckmann. 357 S. m. 123 Abb. Preis 4 *M*.

Reports of the Prime Movers Committee (1922/1923). Technical National Section. New York 1924, National Electric Light Ass. Febr. 24—1: The Design and Maintenance of a 1500 kW Central Station Plant. 24—2: Boiler and Turbine Room Instruments. 24—3: Stacks and Flues. 24—4: Operating Code Manual. March 24—5: Coal and Ash Handling. April 24—6: Central Station operating personnel. 24—7: Burning of liquid and gaseous Fuels. 24—9: Station piping. 24—13: Foreign Developments. 24—14: Distillation Products of Coal. May 24—50: Power Station Heat Balance. June 24—54: Fuel Specifications. 24—57: Turbines. 24—60: Oil and Gas Engines. 24—65: Higher Steam Pressures and Temperatures. July 24—69: Treatment of Feed Water. 24—73: Development of Equipment. 24—75: Operating Code Definitions. August 24—72: Stokers and Furnaces. Sept. 24—74: Boilers, Superheaters and Economisers. 24—77: Lubrication. 24—78: Condensing Equipment. 24—79: Pulverized Fuel.

Amerikanische Stimmen. Politik — Wirtschaft — Kultur. Herausg. v. Friedrich Glaser u. A. F. Wiener. Jg. 1, H. 1 bis 4, 1925. New York u. Leipzig 1925, Atlantic Book and Art Corporation. Preis 1,50 *M*/Heft, 8 *M*/Halbjahr, 16 *M*/Jahr (12 H.).

Hochschul-Kalender der Natur- u. Ingenieur-Wissenschaften. 3. Ausg. Sommer-Semester 1925. Herausg. v. H. Degener. Dr. Harm, Dr. Scharf. Leipzig u. Berlin 1925, Verlag Chemie u. VDI-Verlag G. m. b. H. 480 S. Preis 3 *M*.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Emaillierwerk zum Brennen autogengeschweißter Stahltanks bis 500 hl Inhalt.

Zu dem Aufsatz von Dipl.-Ing. C. Hubert in Z. Bd. 68 (1924) S. 934 haben wir berichtigend zu bemerken:

Es entspricht nicht den Tatsachen, daß bisher innen emaillierte Stahltanks mit mehr als 350 hl nicht hergestellt werden konnten, da Brennöfen von hinreichend großen Abmessungen nicht vorhanden wären. Wir bzw. unsre Firmenvorgängerin Ingenieur Zahn, Technisches Büro, haben bereits im Jahre 1907, also vor 17 Jahren, bei den Meißner Emaillierwerken G. m. b. H., Meißen, einen Ofen von $5000 \times 3500 \times 3500$ mm³ erbaut und mit Erfolg in Betrieb gesetzt. Die Heizung war durchaus gleichmäßig. Es wäre keine Schwierigkeit gewesen, diesen Ofen in jeder anderen Abmessung zu erbauen, so daß bereits vor 17 Jahren die Möglichkeit bestand, solche Stahltanks bis zu 500 hl zu emaillieren[1]). Wir haben ferner im Jahre 1916 einen Ofen von $7000 \times 5000 \times 5000 = 175$ m³, der im Rauminhalt größer ist als der Pohsche, rd. 110 m³, gebaut. Emailliert wurden damals Tanks von 5 m Länge und 3,1 m Dmr., wobei vorn und hinten je 1 m Platz gelassen wurde[2]). Später gingen wir bis auf 6 m Länge[3]). Auch sehr große Gärbottiche wurden einwandfrei emailliert.

Zahn & Co., Bau von Emaillierwerken, G. m. b. H., Berlin W 15.

Aus der Mitteilung der Firma Zahn ersehe ich mit Interesse, daß sie bereits 1916 einen Emaillierofen mit größerem Gesamtrauminhalt baute als der, über den ich auf Grund einer Mitteilung Pohs berichtete.

Da jedoch nahtlos geschweißte Tanks der beschriebenen Form in ihrem Durchmesser auf 3,1 m beschränkt sind, wenn sie durch die Eisenbahn befördert werden sollen, ist ihr Inhalt praktisch von der ausführbaren Länge abhängig. Der Pohsche Ofen mit 7,5 m Länge bei rd. 130 bis 135 m³ Inhalt gestattet also zweifellos die Herstellung größerer Tanks, und das war doch die eigentliche Behauptung Pohs. Die Erörterung, ob es nicht schwierig gewesen wäre, schon vor 17 Jahren solche Öfen zu bauen, hat mit der wirklichen Feststellung nichts zu tun.

[D 729] Dipl.-Ing. C. Hubert.

[1]) „Stahl u. Eisen" Bd. 29 (1909) S. 1785.

[2]) Gießerei-Ztg. Bd. 18 (1921) S. 239.

[3]) Z. Bd. 67 (1923) S. 89.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 20. JUNI 1925 NR. 25

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 860.

Der Stand des Motorpflugwesens[1].

Von Professor Dr. Martiny, Halle.

Vorwiegen des Gangpfluges gegenüber dem Seilpflug. Verstärkung der Motorleistungen. Gute Aussichten des Glühkopfmotors und des vereinfachten Dieselmotors gegenüber Schweröl- und Spiritusbetrieb. Große Neigung zum Bau von Fräsern, die sich besonders zum Umbruch von Moor gut bewährt haben. Neue Bauarten der Motorpflüge. Verbesserungen bereits vorhandener Motorpflüge.

I. Allgemeine Entwicklung der Motorpflüge.

Seitdem in dieser Zeitschrift zum letzten Mal von Professor Gustav Fischer über das Motorpflugwesen berichtet worden ist[1]), hat sich der bereits früher eingeschlagene Entwicklungsgang fortgesetzt:

1. Gang- und Seilpflug.

Der Gangpflug, bei dem die Zugmaschine über das Feld fährt und dabei die Pflugkörper mitnimmt, herrscht fast allgemein. Der Seilpflug, bei dem zwei Zugmaschinen auf beiden Seiten des Feldes stehen und den Pflug mit Seilen abwechselnd hin und her ziehen, hat zwar nach wie vor infolge seiner größeren Betriebsicherheit und seiner guten Pflugarbeit die Wertschätzung einzelner Landwirte, hat aber doch die weiter verbreitete Zuneigung, die wohl auf die Ähnlichkeit mit dem altbewährten Dampfpflug zurückging, verloren. Das beruht darauf, daß der Landwirt die vom Seilpflug gebrauchte größere Zahl der Bedienungsmänner nur anwenden will, wenn er auch eine größere Leistung erzielt. Dazu kommt, daß die Einrichtungen zum Schälen und zum Ziehen von Bindemähern an den Seilpflügen nicht so entwickelt worden sind, wie es die große Bedeutung des Schälens und Mähens im Motorpflugwesen erheischt hätte.

2. Motorleistung.

Die Motorstärke ist bei den einzelnen Bauarten erhöht worden. Der Grund hierfür liegt einmal darin, daß der Motorpflug im Vergleich zum Dampfpflug eine geringere Motorhöchstleistung auf die Einheit der gewollten Pflugleistung oder eine große Arbeitsbreite auf die Einheit der Motorhöchstleistung hatte, was auf dem Streben nach Erhöhung der Wirtschaftlichkeit, auf der geringen Überlastungsfähigkeit des Vergasermotors und auf dem durch den Gangpflug geforderten geringen Gewicht beruht. Zum andern liegt er darin, daß die Landwirte nur zu oft erst nach dem Kaufe bei der Motorpflugarbeit selbst sich darüber klar werden, wieviel sie von ihrem Motorpflug verlangen, und infolgedessen zu kleine Größen kaufen. Das führt dazu, daß gegen jeden Motorpflug gelegentlich der Vorwurf von landwirtschaftlicher Seite erhoben wird: „der Motor ist zu schwach“, ein Vorwurf, der besonders leicht von denen ausgesprochen wird, die sich nicht darüber klar sind, daß es mit der Verstärkung des Motors nicht getan ist, vielmehr eine Verstärkung der Bauart sich anschließen muß, wodurch Preis und Gewicht merklich erhöht werden. Um die durch diese Erhöhung geminderte Wirtschaftlichkeit wieder herzustellen, wird dann wohl die Arbeitsbreite erhöht, und damit ist aus der kleineren Bauart eine größere geworden, die wiederum dem Vorwurf des „zu schwachen Motors“ ausgesetzt ist. Diese Entwicklungsrichtung steht im Widerspruch zu dem Vorherrschen des Kleinbesitzes. So entstehen dann kleinere Größen, meist einfacher und leichter gehalten. Diese werden auf Grund der Betriebserfahrungen mit Zutaten versehen, die die Bedienung erleichtern, und mit Verstärkungen, die die eingetretenen Brüche verhüten sollen. Dem schließt sich wohl auch wiederum eine Verstärkung des Motors an, die die bereits erwähnten Folgen einer Verstärkung der Type nach sich zieht. Beispielsweise ist der ursprünglich 28-pferdige Stock-Motorpflug im Jahre 1909 als 42-pferdiger Sechsscharenpflug in die Praxis eingeführt worden. 1914 erhielt er Rückwärtsgang, motorische Aushebung und eine Verstärkung des Motors auf 55 PS. Nach dem Kriege wurde ein einfacherer 25-pferdiger Dreischarenpflug „Stocklei“ geschaffen. Nachdem dieser ebenfalls mit Rückwärtsgang und motorischer Aushebung versehen worden ist, ist jetzt sein Motor auf 35/40 PS verstärkt worden, und gleichzeitig ist ein einfacherer 25-pferdiger Zweischarenpflug „Wendestock“ ohne Rückwärtsgang und ohne motorisches Aushebegetriebe geschaffen worden.

3. Verwendung von billigen Brennstoffen.

Nachdem in den letzten Jahren bald Knappheit, bald hoher Preis des Benzols dazu führten, daß die vorhandenen Motorpflüge nicht genügend ausgenutzt und Neuanschaffungen unterdrückt wurden, haben fast alle Motorpflugfabriken und manche andere Firmen am Ersatz des Benzols durch Schweröle gearbeitet. Unter den Firmen, die den Vergasermotor beibehalten haben, gibt es kaum eine, die nicht angibt, daß ihr Motor mit Schwerölen (Petroleum, Solaröl, Gasöl) oder wenigstens Schweröl-Benzol-Gemisch betrieben werden kann. Die Landwirte haben den Schweröleinrichtungen bei deren Auftreten große Aufmerksamkeit mit Rücksicht auf Kostenersparnis entgegengebracht. Sie sind aber teilweise, durch Unbequemlichkeiten und Betriebstörungen veranlaßt, wieder zum Benzol- oder Schwerbenzinbetrieb zurückgekehrt. Es kommt auch vor, daß ein Landwirt einen für Schwerölbetrieb eingerichteten Motor aus Unkenntnis der Verhältnisse ohne Erhöhung der Verdichtung dauernd mit Benzol betreibt.

Im Herbst des vergangenen Jahres bot die Spiritusmonopolverwaltung, gezwungen durch übergroßen Vorrat, den Spiritus von 95 Raumhundertteilen zum Preise von 15 ₰/kg an. Bei diesem Preise ergibt Spiritus in einem entsprechend hochverdichtenden Motor bei nur geringem Benzolzusatz eine gewisse Kostenersparnis gegenüber Benzol; wenn man aber wegen der unsicheren Dauer des niedrigen Spirituspreises von einem Umbau der Motoren absieht, so

[1]) Seit der Abfassung dieses Aufsatzes im Januar dieses Jahres haben sich die Grundlagen für die Beurteilung der Motorpflüge mehrfach geändert: Der Zinsfuß ist wesentlich heruntergegangen. Das Reichsernährungsministerium hat eine Kreditgewährung für einzelne Motorpflüge angeregt, die es ermöglicht, daß der Landwirt den Motorpflug in der Zeit bis Ende Januar 1926 abzahlen kann. Die in diesen Kredit eingeschlossenen Motorpflüge sind billiger geworden und haben heute folgende Preise: Tragpflüge: Wendestock 4950 ℳ, Flader mit Pfluggerät 5350 ℳ; Radschlepper (ohne Pfluggerät): WD 4500 ℳ, Pöhl 5300 ℳ, Feldbank 11 500 ℳ; Raupenschlepper (ohne Pfluggerät): WD 25 PS 10 000 ℳ, MTW 8500 ℳ; Fräser von Siemens-Schuckert in Gieshof bei Neubarnim: 30 PS 11 900 ℳ, 8 PS 3000 ℳ, 4 PS 2100 ℳ (2 PS aufgegeben). Auch andere Motorpflüge sind billiger geworden, z. B. Fordschlepper fob Hamburg einschl. Zoll 3550 ℳ, mit Oliverpflug 4125 ℳ (die Einfuhr wird nur genehmigt, wenn der Landwirt nachweist, daß er eine deutsche Maschine nicht bezahlen kann und dies durch den jeweils zuständigen Landrat bzw. die Landwirtschaftskammer bescheinigen und befürworten läßt), und teilweise auf Privatkredit geliefert. Mehrere Firmen haben den Bau von Motorpflügen aufgegeben, während neue Motorpflüge kaum aufgetreten sind. Größere Reihenherstellung hat begonnen. Die in dem Aufsatz geforderte Umstellung hat damit eingesetzt, wird aber vermutlich weitergehen.

[2]) Z. Bd. 60 (1916) S. 5, 51, 67; Z. Bd. 63 (1919) S. 1, 421; Z. Bd. 64 (1920) S. 294, 402, 643; Z. Bd. 65 (1921) S. 608; Bd. 66 (1922) S. 125, 933.

fällt die Ersparnis infolge übermäßigen Verbrauchs weg, selbst wenn man die noch unbekannte Gefahr des schnelleren Verschleißes der Zylinder und die Unbequemlichkeit in der Bedienung nicht in Rechnung zieht.

Die Firmen Lanz und Benz-Sendling haben einen besonderen Rohölmotor entwickelt. Lanz verwendet seinen Zweitakt-Glühkopfmotor, der sich in der Selbstfahrlokomobile „Bulldog" gut in der Praxis bewährt hat. Der Brennstoffverbrauch ist gering (265 g/PSh); das Gewicht — 1200 kg beim 12-pferdigen „Ackerbulldog" mit 420 Uml./min, 3800 kg beim 38-pferdigen „Felddank" (früher „Feldmotor") mit 650 Uml./min — bleibt in zulässigen Grenzen. Der Preis beträgt 5000 ℳ für den „Ackerbulldog" (+ 390 ℳ für das Pfluggerät), 13000 ℳ für den „Felddank" (+ 830 ℳ für das Pfluggerät). Der Motor ist unempfindlich. Der allgemeine Fehler des Glühkopfmotors, im Leerlauf namentlich bei Kälte stehen zu bleiben, ist beim Lanzschen Motor dadurch bekämpft worden, daß am Glühkopf ein Blindraum angebracht ist, auf den sich bei geringer Brennstoffgabe der eingespritzte Brennstoffkegel beschränkt. Benz-Sendling bringt einen Halbdieselmotor (Zweizylinder, Viertakt). Der Brennstoff wird in eine Vorkammer gespritzt: indem in dieser ein Teil des Brennstoffes verbrennt, wird der andere Teil durch den Verpuffungsdruck in den Zylinder eingestäubt. Der Brennstoffverbrauch ist sehr gering. Der 30-pferdige Schlepper wiegt 2600 kg und kostet 13 800 Goldmark. Vermutlich wird der Rohölmotor zur Herrschaft im Motorpflugwesen gelangen. Für die Art des Rohölmotors wird voraussichtlich nicht die Höhe des Brennstoffverbrauchs entscheidend sein, sondern die Betriebsicherheit, der Preis, das Gewicht und die Einfachheit.

4. Preis.

Am meisten beschäftigt heute den Käufer der Preis des Motorpfluges, einmal, weil gegenwärtig bei hohem Zinsfuß die Verzinsung des Anschaffungspreises den Hauptteil der Gesamtbetriebskosten ausmacht, zum andern, weil für 4300 ℳ der 20-pferdige Ford-Schlepper gehandelt wird, von dem 100 Stück zur Einfuhr durch die Amobo[1]) freigegeben worden sind. Ein zweischariger Anhängepflug zum Ford-Schlepper kostet 400 bis 600 ℳ. Die deutschen Motorpflüge, die schon in den letzten Jahren im Vergleich zur Vorkriegszeit billiger als andre landwirtschaftliche Maschinen waren, sind jetzt noch im Preise heruntergegangen. Und die Deutsche Kraftpflug-Gesellschaft zeigte auf der Ausstellung der DLG in Hamburg 1924 einen 22/25-pferdigen vierrädrigen Schlepper mit Vergasermotor, Zweiradantrieb und Ausgleichgetriebe zum Preise von 4800 ℳ. Im übrigen haben die deutschen Vergasermotorpflüge heute ungefähr folgende Preislage: 30 PS-Tragpflug 8000 ℳ, 55 PS-Tragpflug 13 000 ℳ, 35 PS-Radschlepper mit Pfluggerät 7000 bis 9000 + 800 ℳ, 25 PS-Raupenschlepper mit Pfluggerät 10 000 + 700 ℳ, 50 PS-Raupenschlepper mit Pfluggerät 17 000 + 1200 ℳ, 2 PS-Fräse 2000 ℳ, 8 PS-Fräse 4000 ℳ, 30 PS-Fräse 15000 ℳ.

Welchen Einfluß Preis und Haltbarkeit des Motorpfluges im Gegensatz zu den Brennstoffkosten auf die Wirtschaftlichkeit haben, zeigt die nachstehende Gegenüberstellung für einen Motorpflug, der eine Motorleistung von $N = 25$ PS, eine jährliche Arbeitszeit von $s' = 75$ Tagen und eine Tagesleistung von $L' = 2$ ha beim Saatpflügen auf 21 cm Tiefe unter mittleren Bodenverhältnissen hat und je nach der Art der Firma und der Bauart und je nach den Wirtschaftsverhältnissen folgende Grenzwerte aufweisen kann:

Preis des Motorpfluges K . . .	5000 ℳ	oder	11 000 ℳ
Lebensdauer n	10 Jahre	„	3 Jahre
Zinsfuß z	5 vH	„	25 vH
Erhaltung e	5 „	„	15 „
Brennstoffart	Rohöl	„	Benzol
Brennstoffpreis p	14 ₰/kg	„	50 ₰/kg
Brennstoffverbrauch b	220 g/PSh	„	310 g/PSh

a) Einfluß von Preis und Haltbarkeit.

Die Haltungskosten (Kosten für Zins, Abschreibung, Erhaltung) betragen in ℳ/ha

$$H = \frac{K\,(z + a + e)}{s'\,L'}\,,$$

wobei

$$a = \frac{z}{(1 + 0{,}01\,z)^n - 1}\,.$$

[1]) A.-G. für motorische Bodenbearbeitung.

Das ergibt:

Bei einem Zinsfuß vH	Bei einer Lebensdauer Jahre	Abschreibungsquote vH	Bei einer Erhaltungsquote vH	Haltungsquote vH	Haltungskosten ℳ/ha bei einem Preis des Motorpfluges von 5000 ℳ	11000 ℳ
5	10	7,9	5	17,9	5,98	13,1
	3	31,7	15	51,7	17,2	37,9
25	10	3,0	5	33,0	11,0	24,2
	3	26,2	15	66,2	22,1	48,5

b) Einfluß der Betriebstoffkosten.

Die Betriebstoffkosten betragen in ℳ/ha, wenn zu den Brennstoffkosten 10 vH für Schmierstoffkosten zugeschlagen werden und der Arbeitsbedarf (gemessen an der Motorwelle) zu 80 PSh/ha angenommen wird:

$$B' = \frac{1{,}1 \cdot 80\, p\, b}{100\,000}\,.$$

Das ergibt:

Art des Brennstoffs	Preis des Brennstoffs p ₰/kg	Betriebstoffkosten in ℳ/ha bei einem Brennstoffverbrauch b von 220 g/PSh	310 g/PSh
Rohöl	14	2,71	3,83
Benzol	50	9,68	13,6

Wenn man auch annimmt, daß der bereits gesunkene, erstaunlich hohe Zinsfuß noch weiter sinken wird, so enthält die vorstehende Zusammenstellung doch eine Warnung vor der Aufnahme des Baues neuer Motorpflüge, der seit Jahren bis heute eine starke Anziehungskraft auf Erfinder und Hersteller ausgeübt hat. Ein neuer Motorpflug bedarf einer langen Ausreifung und daher eines großen Geldaufwandes, ehe eine Erzeugung eingerichtet werden kann, die bei niedrigem Preise noch einen Verdienst abwirft. Für die bereits vorhandenen Motorpflugwerke aber ergibt sich die Notwendigkeit, teils durch Zusammenschluß die Reihenzahl zu erhöhen, teils an Stelle der allgemeinen Motorpflüge solche für Sonderzwecke herzustellen. Nur so können sie dem drückenden Wettbewerb entgehen.

5. Die Beachtung des Fräsens.

Während die Mehrzahl der Motorpflüge das altbekannte Pfluggerät beibehält und nur den motorischen Zug an Stelle des tierischen verwendet, ersetzt die Bodenfräse das hobelnde Pfluggerät durch ein fräsendes. Hinten an der Zugmaschine (vergl. Abb. 21) drehen sich Hacken oder Krallen, die kleine Stücke des Bodens losschneiden oder -reißen und durcheinanderwerfen, so daß der Boden stark gekrümelt und gemischt wird. Die durch die hohe Arbeitsgeschwindigkeit verstärkte Krümelung ist ebenso verlockend wie der Umstand, daß das im Sinne der Fahrräder sich drehende Fräswerkzeug eine schiebende Wirkung auf das Fahrzeug ausübt und die Antriebskraft für das Arbeitswerkzeug unmittelbar vom Getriebe gegeben wird, während sie bei den andern Motorpflügen erst durch die mehr oder weniger unzuverlässige Abstützung der Triebräder am Boden erzeugt wird. Diesen Vorteilen steht als Schwierigkeit gegenüber, daß die Fräskultur ein neues Arbeitsverfahren ist, während der übliche Pflug im Laufe von Jahrhunderten entwickelt worden ist. Die Erfahrung hat nun gezeigt, daß die Fräse in der von Heinrich Lanz in Mannheim unter dem Namen „Landbaumotor" ausgeführten Form ein ausgezeichnetes Hilfsmittel zum Umbruch von Moor ist, anderseits auch zum Ziehen von Anhängepflügen benutzt werden kann. Diese Eignung sucht die Comfräsch, Berlin, in ihrem vereinigten Fräser-Schar-Pflug, Bauart Dürkopp-Goeldner, dadurch zu steigern, daß sie die Fahrräder durch Raupen ersetzt.

Seit einiger Zeit steigt die Aufmerksamkeit der Landwirte für die Verwendung der Bodenfräse auf den meist verbreiteten Ackerböden, den sogenannten Mineralböden. Besonders auf schwerem Boden, weil wir sonst kein geeignetes Gerät haben, um grobe schwere Schollen zu zerkleinern. Wenn es nun der Bodenfräse schwer fällt, auf schwerem Boden beim Pflügen die volle Arbeitstiefe zu er-

reichen, so versucht man bisweilen, den Boden zunächst in alter Weise zu pflügen und dann erst die Bodenfräse anzuwenden, so daß deren Aufgabe mehr mit der der Egge als der des Pfluges zu vergleichen ist. Dabei muß man allerdings auf die für das Krümeln vorteilhafte Wirkung des Losreißens kleiner Stücke von einem ungeteilten und zusammenhaltenden Gefüge verzichten und muß die statische Schneid- oder Reißwirkung auf die senkrechte Richtung beschränken und sich in wagerechter Richtung mit dynamischer Schneidwirkung begnügen.

Sowohl Lanz als auch die Siemens-Schuckert-Werke (letztere durch die Versuchs- und Lehranstalt für Fräskultur in Gieshof bei Neubarnim im Oderbruch) haben mit großen Mitteln daran gearbeitet, nicht nur die Fräse selbst zu entwickeln, sondern auch die Form und Anwendungsweise der Drillmaschinen so auszubilden, daß sie für die durchaus abweichende Eigenart des gefrästen Bodens passen. Diese Arbeiten sind noch keineswegs abgeschlossen. Die Aufnahme des Baues einer Bodenfräse ist daher dornenvoll. Der Hersteller muß nicht nur das Fräswerkzeug so gestalten, daß es trotz seiner großen Geschwindigkeit in dem ungleichförmigen, bisweilen von Steinen durchsetzten Acker keinen Schaden nimmt, sondern er muß auch noch den Landwirten sagen, in welcher Weise sie die Fräskultur einzurichten haben, um wirtschaftlich vorteilhaft zu verfahren.

Bezüglich des Antriebes für die Arbeitsbewegung des Werkzeuges kann man mit der Fräse die Motormähmaschine, Abb. 1, vergleichen, bei der die Schneidevorrichtung unmittelbar vom Motor angetrieben wird, im Gegensatz zu dem heute üblichen Verfahren, die Mähmaschinen an einen Schlepper anzuhängen und von ihrem Fahrrad aus anzutreiben.

Abb. 1. Fräse für 8 PS mit Grasmäher der Siemens-Schuckert-Werke (Versuchs- und Lehranstalt der SSW, Gieshof bei Neubarnim).

II. Neue Motorpflug-Bauarten.

1. Kehrpflüge.

Neu ist die Verwendung zweier Kehrpflüge, d. h. Pflüge, die im Gegensatz zum Beetpflug, Abb. 2, den Arbeitsgang der Rückfahrt neben den der Hinfahrt legen und den aufgenommenen Erdbalken bei Hin- und Rückfahrt absolut nach derselben, relativ zu sich aber nach der entgegengesetzten Seite wenden, Abb. 3 und 4. Das Wesen der Kehrpflüge ist bei gewissen Gespannpflügen und bei sämtlichen Dampfpflügen bereits erprobt. Es bietet den Vorteil, daß man es in hängigem (seitlich fallendem) Gelände so einrichten kann, daß der Boden sowohl bei der Hin- wie bei der Rückfahrt abwärts gewendet wird, und daß man die Leerfahrten am Vorgewende fast vermeidet, was namentlich bei kleineren Schlägen von Bedeutung ist. Im Rheinland und in Westfalen wendet man die Gespann-Kehrpflüge vielfach an und hängt auch an gewöhnliche Motorschlepper Kippflüge an. Hier bietet sich also Gelegenheit, Motorpflüge ohne Schwierigkeiten einzuführen. Die beiden neuen Motorkehrpflüge haben besondere Pflugkörper für die Hinfahrt und für die Rückfahrt, und zwar werden am Ende der Pflugfurche die Pflugkörper beim Stock-Wendepflug um eine Längsachse, beim Toro-Pflug um eine Querachse gedreht und gekippt.

a) Der Wende-Stock.

Der Wende-Stock, Abb. 5 bis 8, ist ein dreirädriges Fahrzeug, das vorn auf zwei lenkbaren Triebrädern, hinten auf einem Laufrad ruht. Das eine Vorderrad geht in der Vorfurche, das Hinterrad in der Hinterfurche. Der hintere Teil besteht im wesentlichen aus einem Längsrohr r, an dem das Hinterrad sitzt. Unter dem Längsrohr befinden sich die um eine Längsachse a drehbaren Pflugkörper p_r und p_l. Beim Pflügen sind die Pflugkörper so verriegelt, daß die Körper der einen Seite richtig im Boden sind, die der andern nach oben stehen. Am Ende der Pflugfurche löst der Führer die Verriegelung. Dadurch, daß er nun das Fahrzeug wendet, Abb. 9 und 10, erhalten die bisher im Boden befindlichen Pflugkörper einen Seitenschub und drehen sich aus dem Boden heraus ($s\,s$ = Weg der Scharspitzen, Abb. 8), so daß nun die Körper beider Seiten in der Luft sind. Eine Sperrklinke bewirkt, daß die Körper nicht wieder zurückschlagen können. Das Ausheben wird noch dadurch unterstützt, daß das rechte Vorderrad und das Hinterrad aus der Furche gekommen sind. Die Pflugkörper werden also im wesentlichen durch motorische Kraft ausgehoben, aber ohne Benutzung eines Aushebegetriebes. Sobald das Fahrzeug gewendet ist, dreht der Führer mit dem Fuß die Pflugkörper weiter, so daß nun die Körper der andern Seite in den Boden kommen. Dieser ganze Vorgang vom Aussetzen der Pflugkörper bis zum Einsetzen, Abb. 9 bis 12, dauerte bei einer Vorführung gelegentlich der DLG-Ausstellung 1924 nur 18 Sekunden, also wesentlich kürzere Zeit, als der entsprechende Zeitraum bei einem Beetpflug der bisher üblichen Bauart beträgt

Abb. 2. Schema der Bahn beim Beetpflug.

Abb. 3 und **4.** Schema der Bahn bei den Kehrpflügen „Wendestock", Abb. 3, und „Toro", Abb. 4.

(etwa 40 Sekunden in dem günstigsten Falle, daß der Beetpflug am Ende und am Anfang der Furche ohne Anhalten auskommt). Dies rasche Wenden wird dadurch ermöglicht, daß das Hinterrad ein Schwenkrad (Schlepprad) ist und nach Entriegeln der Pflugkörper und Anziehen von einem der beiden Steuerhebel von selbst so weit ausschlägt, daß das Fahrzeug um den Berührungspunkt des einen der beiden Triebräder (also auf der Stelle) wendet. Während des Pflügens findet ein Ausschlagen des Hinterrades nicht statt, da die Führung der Pflugkörper im Boden das Hinterende des Fahrzeuges an einem seitlichen Ausweichen hindert. Für Straßenfahrt, bei der diese Führung fortfällt, wird die Schwenkbarkeit des Hinterrades durch eine Verriegelung aufgehoben, die vom Führersitz aus betätigt wird.

Die Vorderradlenkung wird, ähnlich wie beim MAN-Pflug[1]) dadurch erzielt, daß die Vorderräder mit dem Motor und dem Getriebe eine Vorderkarre bilden, an der der hintere Teil des Fahrzeuges angelenkt ist (Gelenkachse *g*). Damit reiht sich der Wende-Stock der neuen Richtung der Tragpflüge ein, bei der eine gerade Furche dadurch leichter erreicht wird, daß der einzelne Steuerungsausschlag nicht eine Krümmung der Hinterfurche hervorruft, sondern nur den Anhängepunkt des Pfluggrindels *g* beeinflußt, während bei den älteren Tragpflügen infolge der starren Verbindung des Pfluggrindels mit der Achse der Vorderräder jedes Steuern nach rechts ein Abweichen der Hinterfurche nach links und umgekehrt ergibt. Während aber beim MAN-Pflug eine Relaissteuerung angewandt ist, die bewirkt, daß der Führer das Steuerrad in der gleichen Weise zu betätigen hat wie bei der üblichen zwangläufigen Steuerung der Kraftwagen, entspricht die Steuerung des Wende-Stock jener der meisten Raupenschlepper: die beiden Triebräder sind mittels je einer Reibungskupplung an eine gemeinschaftliche treibende Welle angeschlossen; zwei vor dem Führersitz angebrachte Handhebel *h h* dienen dazu, wenn sie etwas nach hinten gezogen werden, je eine der beiden Reibkupplungen zu lösen, und wenn sie noch weiter nach hinten gezogen werden, das betreffende Triebrad zu bremsen. Der Führer lenkt also das Fahrzeug mittels der beiden Hebel ähnlich wie ein Gespann mittels der Zügel: zieht er rechts, so geht es nach rechts, zieht er links, so geht es nach links, zieht er beiderseits, so bleibt es stehen. Vergleicht man diesen Antrieb mit dem üblichen, so ist er dem mit verriegeltem Ausgleichgetriebe in der Wirkung gleichzusetzen. Wenn also, wie meist, die Furchensohle fester ist als das unbearbeitete Land, so sucht das rechte Triebrad stärker zu treiben als das linke, und es wird möglich, den Pflugwiderstand an der Vorderkarre rechts von der Mitte angreifen zu lassen und damit den schiefen Zug (herrührend von der schiefen Lage der Verbindungslinie des Mittelpunkts der Pflugwiderstände mit der Mitte zwischen den beiden Triebrädern) mehr oder weniger aufzuheben. Inwieweit diese Möglichkeit bei der vorliegenden Ausführung verwirklicht werden kann, wird sich bei der Hauptprüfung der Motorpflüge zeigen, wenn die Aufgabe gestellt werden wird, schweren Boden tief zu pflügen.

Wenn hiernach unter den genannten Bodenverhältnissen der einzeln lösbare Reibantrieb der beiden Triebräder eine ähnliche Wirkung ausübt wie das ungleicharmige Ausgleichgetriebe des MAN-Pfluges, das am rechten Triebrad eine stärkere Umfangskraft als am linken erzeugt, so bestehen doch zwei Unterschiede: bei MAN ist, von der Reibung im Ausgleichgetriebe abgesehen, das Verhältnis der Triebkräfte am rechten und am linken Triebrad unveränderlich; wenn also der Anhängepunkt des Hinterteils des Fahrzeuges an der Vorderkarre richtig gewählt ist, so ist das wagerechte Gleichgewicht der Vorderkarre gesichert. Beim Wende-Stock dagegen besteht, solange beide Reibkupplungen geschlossen sind, dies Gleichgewicht immer nur für ein bestimmtes Verhältnis der Festigkeit der Furchensohle und des ungepflügten Landes; wenn beispielsweise der Anhängepunkt für den hintern Teil in der Längsmittelebene zwischen den beiden Triebrädern liegt, das rechte Triebrad mit gleichen Greifern wie das linke besetzt ist und die Furchensohle (rechts) fester und härter als das ungepflügte

[1]) Z. Bd. 66 (1922) S. 127 Abb. 4 bis 6.

(Triebrad für Hinfahrt ausgezogen, für Rückfahrt gestrichelt.)

Abb. 5 bis 8. „Wendestock" der Stock-Motorpflug A.-G., Berlin.
a Längsachse *g* Gelenkachse *h* Handhebel p_r rechtswendende Pflugkörper
p_l linkswendende Pflugkörper *r* Längsrohr *s s* Weg der Scharspitzen

Abb. 8. Schnitt zwischen den Pflugpaaren, von rechts gesehen.

Abb. 9. Stellung bei Ankunft am Vorgewende.

Abb. 10. Stellung nach Linksschwenkung um rd. 270° um den Punkt A und Geradeausfahren um die Strecke $x = 3$ bis 4 Furchenbreiten.

Abb. 11. Stellung nach Rechtsschwenkung um rd. 120° um den Punkt P und Geradeausfahren um die Strecke y.

Abb. 12. Stellung nach Linksschwenkung um rd. 30° um den Punkt B, beim Beginn des Pflügens.

Abb. 9 bis 12. Wendevorgang des „Wendestock" am Vorgewende.

Land (links) ist, so schlüpft das rechte Triebrad weniger als das linke, und es dringen möglicherweise seine Greifer weniger tief ein als die des linken, wodurch der für das Abrollen gültige „Berührungskreis" des rechten Triebrades sich vergrößert; daher sucht das rechte Triebrad dem linken vorzueilen, und eine geradlinige Fahrt kann nur durch kurzzeitiges Lösen der rechten Reibkupplung erzielt werden. Der hierbei auftretende Energieverlust dürfte gering sein.

Der zweite Unterschied ist: Beim MAN-Pflug behält die Vorderkarre (bei der das Gleichgewicht der Längskräfte bei unveränderter Anhängung unabhängig ist von den am Pfluggerät angreifenden Bodenkräften) die am Handsteuerrad eingestellte Lenkstellung zum Hinterteil unverändert bei; wenn also das Handsteuerrad beispielsweise auf geradlinige Fahrt gestellt ist, so erfolgt die geradlinige Fahrt ohne weitere Nachhilfe des Führers. Beim Wende-Stock dagegen wird, sobald das Verhältnis der Festigkeit der Furchensohle und des ungepflügten Landes sich ändert, auch das Verhältnis der Geschwindigkeit der beiden Triebräder sich ändern und eine Steuertätigkeit des Führers erforderlich machen. In dieser Beziehung erinnert der Wende-Stock an die üblichen Raupenschlepper, die mit zwei Reibkupplungen für die beiden Raupen versehen sind und für ein feinfühliges Steuern ein sehr sanftes und gleichmäßiges Fassen der Reibkupplungen zur Voraussetzung haben. Er unterscheidet sich nur insofern, als die Raupen infolge der Länge ihrer Auflage träger sind. also auf eine Störung des Gleichgewichts langsamer eingehen und dadurch die Einhaltung einer geradlinigen Fahrt erleichtern. Vergleicht man aber den Wende-Stock mit der üblichen Anordnung des verriegelten Ausgleichgetriebes, wobei außer den beiden Triebrädern auch ein oder zwei Lenkräder vorhanden sind, so ist an eine an den Raupenschleppern beobachtete Erscheinung zu erinnern; kommt die eine Raupe auf eine weiche Stelle, so daß sie weniger durchzieht, dann kann nicht etwa die andere Raupe den Ausfall an Zugkraft übernehmen; sondern sie muß durch Lösen ihrer Reibkupplung entlastet werden, damit das Fahrzeug nicht aus der Richtung kommt. Der Vorteil also der Ausgleichgetriebe-Verriegelung oder des Antriebs durch zwei Reibkupplungen, daß beim Schlüpfen des einen Triebrades das andre die Zugkraft übernimmt, statt mit ihm in einen Sympathiestreik zu treten, wird nur dann erreicht, wenn noch ein oder zwei Lenkräder, lenkbar um eine mit der Triebradachse starr verbundene lotrechte Achse, vorhanden sind, die einen genügend großen Seitenschub auf den Acker ausüben können.

Das Fehlen eines Rückwärtsganges überrascht zunächst denjenigen, der sich erinnert, wie der erste Stockpflug nach langem Sträuben den Rückwärtsgang erhielt und später der kleine Stock zur Vereinfachung ohne Rückwärtsgang eingerichtet, bald aber ebenfalls mit Rückwärtsgang ausgerüstet wurde. Es wird aber verständlich, wenn man, abgesehen von der baulichen Einfachheit bei der gewählten rahmenlosen Bauart, die überraschende Wendigkeit des Fahrzeuges betrachtet, die ein Auspflügen der Ecken auch ohne Rückwärtsgang gestatten dürfte, natürlich unter der Voraussetzung eines geübten Führers.

Motor und Getriebe bilden mit dem Kühler ein zusammengeschraubtes Ganzes, sind aber trotzdem leicht zugänglich. Werden die Verbindungsschrauben zwischen Kühler und Motor gelöst, so kann das Innere des Motors durch Herabklappen des Kühlers bloßgelegt werden. Wird der Motor gestützt und werden seine Verbindungsschrauben mit dem Getriebekasten gelöst, so kann dieser zusammen mit dem Hintergestell nach hinten zurückgefahren und dadurch sein Inneres bloßgelegt werden.

Der Wende-Stock ist sehr einfach. Die hier erörterten Schwierigkeiten sind bei der Vorführung gelegentlich der DLG-Ausstellung nicht in Erscheinung getreten. Nach allem stellt der Wende-Stock eine besonders anregende Neuerung dar. [B 113]

(Forts. folgt.)

Kesselrohre für hohe Dampfleistungen.

Die im Januar 1924 vom V. d. I. veranstaltete Hochdrucktagung[1]) hatte bei der Vereinigung der Großkesselbesitzer die Anregung gegeben, eine Reihe der auf dieser Tagung behandelten Fragen weiter zu verfolgen. Auf der Hauptversammlung der Vereinigung im September 1924 in Kiel habe ich im Anschluß an die Berichte über die von Krupp und von Thyssen hergestellten geschmiedeten und geschweißten Kesseltrommeln über die von Mannesmann hergestellten Kesselrohre für hohe Dampfleistungen berichtet.

Mit Bezug auf die durch Bauer und Goerens gegebenen wertvollen Aufklärungen der Alters- und Rekristallisationserscheinungen wird hingewiesen, daß die hervorgerufenen Übelstände nur für kalt gereckte, nicht aber für die nach dem warmen Schrägwalzverfahren von Mannesmann hergestellten Rohre zutreffen. Während für die Trommeln infolge ihrer verhältnismäßig großen Durchmesser und durch den hohen Dampfdruck bedingten großen Wanddicke (über 100 mm) Siemens-Martin-Stahl nicht mehr ausreicht und zu Nickelstahl übergegangen werden muß, kann für die Siederohre selbst bis zu 100 at Siemens-Martin-Stahl beibehalten werden. Ein Vergleich von Rohren für 20 und für 100 at ergibt, daß die wichtigste Beanspruchung, nämlich die der unmittelbaren Feuereinwirkung, von rd. 1200 bis 1400 °C in beiden Fällen die gleiche ist und die zugehörigen, gesättigten Dampftemperaturen von 210 und 310 °C (für 20 und 100 at) im Vergleich zu diesen Feuertemperaturen kaum ins Gewicht fallen. Dem erhöhten Druck kann durch geringes Verstärken der Rohrwandung und Verkleinern des Rohrdurchmessers leicht Rechnung getragen werden. Zudem sind mit Stahl bei einem Gehalt von 25 vH Nickel bei Turbinenschaufeln wenig gute Erfahrungen gemacht worden; die englische Kesselfirma Yarrow hat den vor vielen Jahren aus reinem Nickelstahl hergestellten Kessel wieder verlassen; die für den Bau von Hochleistungskesseln zurzeit hauptsächlich in Frage kommenden Firmen Borsig, Schmidt, Babcock-Wilcox, Germaniawerft, Sächs. Masch.-Fabrik, Walther und Steinmüller verwenden, zumal auch in Anbetracht der hohen Kosten für Nickelstahl, nur Siemens-Martin-Stahl.

Als Ausgangstoff für hochwertige Rohre wählen die Mannesmann-Röhrenwerke aus den von ihrem Stahlwerk hergestellten gewalzten Rundstäben nur solche aus, die aus dem mittleren oder unteren Gußblock entstammen und den chemischen Analysen und Festigkeitprüfungen völlig entsprochen haben. Die ausgesuchten Stäbe werden auf hydraulischen Pressen auf die erforderlichen Rohrlängen eingekerbt, gebrochen, alsdann in gasgefeuerten Rollöfen auf Walztemperatur erhitzt und auf dem Mannesmann Schrägwalzwerk[2]) zu starkwandigen Hohlblöcken, den sogenannten Rohrluppen, umgeformt. Dieser Vorgang dauert nur rd. 1 min, worauf der warme Hohlblock sofort über einen harten Stahldorn im Mannesmann-Pilgerschritt-Walzwerk[3]) zum fertigen Rohr ausgewalzt wird.

Für besondere Fälle erhalten die Rohre noch einen leichten Kalibrierzug zur Beseitigung der für das Pilgerverfahren kennzeichnenden leichten Wellen auf der Rohroberfläche. Nach Prüfung der Rohre auf fehlerfreie Beschaffenheit sowie auf Einhaltung des vorgeschriebenen Durchmessers und der Wanddicke werden die gut befundenen Rohre von Hand oder bei größeren Rohren maschinell gerade gerichtet, auf die erforderlichen Längen geteilt und die unbrauchbaren Enden abgestoßen. Eine nochmalige Werkprüfung, hauptsächlich auf innere Materialfehler mit Hilfe von eingeschobenen Glühlampen folgt dann und schließlich eine Kaltwasserdruckprobe auf 80 at, wobei den Arbeitern für jedes undicht befundene Rohr Belohnungen gezahlt werden. Die für Hochdruckkessel bestimmten Rohre werden in Öfen mit aufzeichnenden Pyrometern 15 bis 20 min · bei Temperaturen von 900 bis 920 °C geglüht. Von den fertigen Rohren werden Werkproben hergestellt, die sich nicht nur auf Zerreiß- und Biegeproben, sondern auch auf Kerbschlagproben sowie geglühtes wie ungeglühtes Material beziehen.

Die Überhitzerrohre werden in gleicher Weise hergestellt, nur werden sie von der kleinsten Walzabmessung ab im Warmzieh- oder bei ganz kleinen Abmessungen im Kaltzieh-Verfahren mit nachfolgendem Ausglühen fertiggemacht. Die Verbindung langer Überhitzerschlangen geschieht durch autogene Schweißung und für Höchstdruckkessel durch eine Sondermuffe mit einem mittleren Gewindeteil in Verbindung mit einer elektrischen Lichtbogenschweißung, wodurch die Schweißstelle von allen Beanspruchungen entlastet wird. Die hochbeanspruchten Kesselspeise- und Dampfleitungen werden auch wie die Siederohre hergestellt.

Die ältesten Erfahrungen mit Hochleistungskesseln liegen bei der Marine vor, da solche Kessel schon vor mehr als 25 Jahren auf Torpedobooten eingeführt sind. Im Gegensatz zu den vor Einführung dieser Kessel auf Torpedobooten benutzten Lokomotivkesseln, bei denen namentlich beim Abstellen des Betriebes umfangreiche Rohrundichtigkeiten auftraten, wurden solche bei der neuen Kesselbauart, dem sogenannten engrohrigen Wasserrohrkessel, trotz sehr starker Belastung nur selten bemerkt. Die in der ersten Feuerzone liegenden Rohre zeigten eine kürzere Lebensdauer als die dahinterliegenden. Dampfüberhitzer waren in der Kriegsmarine nicht eingeführt. Bei der Handelsmarine haben bei Wasserrohrkesseln sowohl die in der ersten Feuerzone liegenden Siederohre wie auch die Überhitzerrohre eine größere Abnutzung als die übrigen Rohre ergeben. Neuerdings versucht man solche sehr stark beanspruchten Rohre außen durch das warme und innen durch das kalte Spritzverfahren[4]) zu schützen.

Weniger günstig waren die Erfahrungen der Marine in bezug auf innere Anfressungen der Rohre, die durch lufthaltiges Speisewasser oder unvollkommenen Umlauf durch Verstopfung eines Rohres hervorgerufen wurden[5]). Da das Zusatzwasser für die Kesselspeisung in Doppelbodenzellen untergebracht war, welch letztere wegen vorkommender Grundberührungen der Schiffe mit der Luft in Verbindung stehen mußten, so bildet das Zusatzwasser die Hauptquelle für die im Speisewasser vorhandene Luft. Wegen der Gefahr der Alterung des Materials bei nicht ganz sorgfältigem Glühen wird empfohlen, für die 60- bis 100 mm-Siederohre bei Hochdruckkesseln nur warmgewalzte Rohre vorzuschreiben.

Die neueren Vorschläge von Prof. Baumann für die Abnahme von Siederohren für Landhochdruckkessel stimmen bezüglich der Aufweitprobe (Länge von 30 mm), Bördelwinkel (90 °), Bördelbreite (12 vH des inneren Rohrdurchmessers), Härte- und Biegeprobe (Zusammendrücken von 100 mm langen Rohrabschnitten und Biegen um einen Halbmesser gleich der Wanddicke) mit den Vorschriften der Handelsmarine überein. Das Unterschreiten der Wanddicke bis zu 20 vH, wie dies bei der Handelsmarine zugelassen ist, erscheint als Toleranz zu milde, zumal von Heyn und Bauer das Platzen eines Siederohres auf ungleichmäßige Wanddicke zurückgeführt ist[6]), anderseits wird die Größe der in der Handelsmarine festgelegten Aufweitung von 10 vH des Innendurchmessers für Landkessel, besonders für die weiteren Rohre, als zu strenge Vorschrift gehalten; Baumann hat diese Größe für Landkessel noch nicht festgelegt.

Eine Reihe von Erzeugnissen der Mannesmann-Röhrenwerke, wie z. B. ein fertiges Rohrstück mit noch anhaftendem Pilgerkopf und spiegelglatter Fläche des Rohrinnern, viele geglühte und ungeglühte Güteproben und Photographien der Schräg- und Pilgerwalzwerke im Betriebe lagen aus.

Im Meinungsaustausch erstattete Prof. Dr. von Schwarz einen Bericht über vergleichende Untersuchungen an einigen schadhaften Siederohren. Prof. Dr. Goerens führte das Versagen des Stahles mit 25 vH Nickel für Turbinenschaufeln auf die niedrige Streckgrenze dieses Materials zurück, während Stahl mit geringerem Nickelgehalt eine hohe Streckgrenze hat. Prof. Dr. Baumann stimmte den Ausführungen des Vortragenden wegen der Einführung eines etwas härteren Materials entsprechend den Schiffskesseln und höherer Streckgrenze auch für Landkessel aus technischen und wirtschaftlichen Gründen zu, erinnerte aber auch zugleich an die sachmäßige Behandlung eines solchen Materials und die entsprechenden größeren Toleranzen in den Abnahmevorschriften, zumal die Durchmesser und Wandstärken der Rohre größer und demnach weit weniger biegsam als bei Schiffskesseln sind. Direktor Dr. Regenbogen wies darauf hin, daß der Vortragende nur für Kesselrohre, nicht aber für die Ober- und Unterkessel Nickelstahl für unnötig erklärt hat.

Im Schlußwort wird das Mißverständnis wegen der von Prof. Dr. Goerens hervorgehobenen Nickelhochdruckkörper aufgeklärt, mit denen dieser nicht Dampfkessel, sondern Kanonen gemeint hat. Da man bei den Kesselrohren bisher mit Siemens-Martin-Stahl gut ausgekommen ist, so braucht man nicht die sehr viel teueren Nickelstahlrohre einzuführen. [N 446] Br. Schulz.

---

[1]) Die Vorträge sind erschienen in dem Sonderheft „Hochdruckdampf", herausgegeben vom VDI-Verlag.

[2]) „Stahl und Eisen" Bd. 20 (1900) S. 287 und Bd. 28 (1908) S. 1839.

[3]) Vgl. Bousse, Die Fabrikation nahtloser Stahlrohre, und die Dissertationen von Dr. Gruber (Techn. Hochschule Breslau) und Dr. Ackermann (Techn. Hochschule Aachen 1914).

[4]) Meurersche Aktien-Ges. f. Spritzmetall-Veredelung, Berlin-Neukölln.

[5]) „Werft, Reederei, Hafen" Bd. 1 (1920) S. 280 u. Z. Bd. 63 (1919) S. 473, 504, 531 sowie Bd. 64 (1920) S. 186.

[6]) Mitt. Materialpr.-Amt 1910 S. 302.

Grundsätze der Extraktion und ihre Anwendung im Apparatebau[1].

Von Dr.-Ing. Otto Michaelis, Berlin-Frohnau.

Beachtenswerte Vorschläge bei der Extraktion — Richtlinien für den Bau von Extraktionsapparaten und Hinweis auf bisher ungenügend beachtete Mängel — Entscheidende Überlegungen bei der Wahl des Lösungsmittels — Von der Extraktion feinpulveriger Stoffe.

Das Wesen jeder Extraktion ist die Trennung zweier Stoffgruppen.

Der Verlauf einer Extraktion ist durch folgende Arbeitstufen gekennzeichnet:

1. Vereinigung des Lösungsmittels mit dem Extraktionsgut. 2. Trennung des Gelösten vom Unlöslichen. 3. Trennung des Lösungsmittels vom Gelösten. 4. Wiedergewinnung des Lösungsmittels.

Ich bespreche kurz die einzelnen Arbeitstufen. 1. Vereinigung des Lösungsmittels mit dem Extraktionsgut. Das Extraktionsgut soll vom Lösungsmittel möglichst rasch und vollständig durchdrungen werden. Die Eigenschaften des Extraktionsgutes bedingen die Arbeitsweise: je poröser das Extraktionsgut ist, desto widerstandsloser erfolgt die Durchdringung. Durchlässige Stoffe, z. B. schwefelhaltiger Sand, lassen sich ohne Vorbereitung extrahieren. Bei andrem Extraktionsgut, z. B. bei den Ölsaaten, muß die fetthaltige Zelle vor der Extraktion mechanisch freigelegt werden. Wieder andre Stoffe, z. B. Fleischabfälle und Fische, müssen erst getrocknet werden, wenn man sie extrahieren will; auch zu hoher Feuchtigkeitsgehalt kann die zu lösende Substanz gegen das Lösungsmittel abschließen, und zwar immer dann, wenn im Extraktionsgut eine Flüssigkeit enthalten ist, die vom Lösungsmittel nicht gelöst wird. Die Lösungsgeschwindigkeit wird gefördert durch mechanische Bewegung entweder des Extraktionsgutes oder des Lösungsmittels, desgleichen durch Erwärmen des Lösungsmittels.

2. Trennung des Gelösten vom Unlöslichen. Diese Arbeitstufe bietet technisch am meisten Schwierigkeiten. Es muß vermieden werden, daß unlösliche Teile des Extraktionsgutes von der Lösung mit fortgeschwemmt werden oder die Ablaufwege verstopfen. Die Lösung läuft um so leichter ab, je poröser und grobkörniger das Extraktionsgut ist. Nach dieser Beschaffenheit des Extraktionsgutes hat sich sowohl der Bau der Apparatur als auch die Wahl des Extraktionsverfahrens zu richten.

3. Trennung des Lösungsmittels vom Gelösten. Das Lösungsmittel wird vom Gelösten getrennt durch fraktionierte Destillation. Die Siedegrenzen des Lösungsmittels sollen möglichst eng sein; die Siedepunkte von Lösungsmittel und Gelöstem aber sollen möglichst weit auseinander liegen, damit eine saubere Trennung erreicht wird.

4. Wiedergewinnung des Lösungsmittels. Soll der Betrieb wirtschaftlich arbeiten, so ist es unbedingt erforderlich, das Lösungsmittel nach beendeter Extraktion wiederzugewinnen. Davon hängt die Wirtschaftlichkeit des ganzen Betriebes ab. Das Lösungsmittel soll lediglich das gelöste Gut befördern wie der Eisenbahnwagen die Ware.

Das Lösungsmittel wird zurückgewonnen, indem man es verdampft, die Dämpfe niederschlägt und das Kondensat in den Betrieb zurückführt. In diesem Kreislauf sind Lösungsmittelverluste unvermeidbar; sie werden berechnet im Verhältnis zur Menge des verarbeiteten Extraktionsgutes, sind aber unabhängig von der Masse der löslichen Substanz.

Anwendung obiger Grundsätze auf den Bau von Extraktionsanlagen.

Die Extraktionsgefäße.

Der Extraktor soll zwei Aufgaben erfüllen:

1. Vorgang: das Extraktionsgut wird vom Lösungsmittel durchdrungen.

2. Vorgang: das Gelöste wird vom Unlöslichen getrennt.

[1] Nach einem Vortrage, gehalten im Breslauer Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure am 20. Februar 1925.

Die Extraktionsgefäße sind geschlossene zylindrische oder trogförmige Kessel, die stehend oder liegend aufgestellt werden. Liegende Extraktoren sind zum Teil so eingerichtet, daß man sie um ihre Längsachse umlaufen lassen kann. (Ob stehende Extraktoren umlaufend angeordnet werden, ist mir nicht bekannt.)

Die Extraktoren werden aus Eisenblech hergestellt, das zusammengenietet oder -geschweißt wird. Früher waren auch kupferne Extraktoren anzutreffen, die aber für die jetzigen Verhältnisse zu kostspielig geworden sind. Die Wanddicke richtet sich nach den Größenverhältnissen und nach der Belastung der Apparate. Die Maße sollen von den Eigenschaften des Extraktionsgutes abhängen: je durchlässiger das Extraktionsgut, desto größer der Extraktor.

Wird ein Rührwerk eingebaut, so muß die Rührwerkwelle so kräftig sein, daß sie auch bei unvorsichtigem Arbeiten standhält; sie hat den größten Widerstand dann zu überwinden, wenn die Lösung eben abgelaufen ist und das extrahierte Gut noch feucht und fest aufeinander liegt. Dieser Widerstand wirkt sich bei umlaufenden Apparaten im Zahnradvorgelege aus.

Siebe, die in die Extraktoren eingebaut sind, lassen die Lösung hindurch und halten das extrahierte Gut im Extraktor zurück. Die Siebe müssen im Extraktor sorgfältig eingepaßt werden. Es gibt Flachsiebe, Trommelsiebe, Siebrohre und sogenannte Filterköpfe. In stehenden Extraktoren werden meistens Flachsiebe eingebaut, in umlaufenden Apparaten die andern Siebformen.

Die Lösungsmittelreste, die vom Extraktionsgut nach dem Ablaufen des Lösungsmittels noch schwammartig zurückgehalten worden sind, werden durch direkten[1]) oder indirekten[2]) Dampf ausgetrieben. Zum Ausdämpfen und auch zum Erwärmen des Lösungsmittels verwendet man geschlossene oder offene Heizschlangen, die meist unter die Siebböden gelegt werden. Bei umlaufenden Apparaten erfüllt häufig ein Dampfmantel die Aufgabe der geschlossenen Heizschlangen.

Die Destillationsgefäße.

In der Destillierblase werden Lösungsmittel und in ihm Gelöstes getrennt. Die Destillierblase wird zumeist aus Eisenblech hergestellt; sie kann stehend oder liegend eingebaut werden. Ihre Größe soll so bemessen sein, daß sie für einen ununterbrochenen Betrieb frisch destilliertes Lösungsmittel stets in ausreichender Menge zu liefern vermag. Wo das mit einer einzigen Blase nicht zu erreichen ist, sind zwei oder noch mehr Blasen aufzustellen. Nie soll man auf die Destillation des Lösungsmittels warten müssen. Dementsprechend muß die Anzahl der Blasen und die Heizfläche bemessen werden. Als Grundlage für die Berechnung dienen die Kennwerte des Lösungsmittels (spez. Wärme, Verdampfungswärme, Siedepunkt)[3]).

Der Arbeitsvorgang ist meistens so, daß das Lösungsmittel abgetrieben wird, und daß das Gelöste in der Blase zurückbleibt. Man destilliert gewöhnlich mit mittelbar wirkendem Dampf; zuweilen verwendet man in der Fettindustrie auch eingeblasenen Dampf wodurch verhindert werden soll, daß sich an den Heizschlangen Krusten ansetzen, die das Fett in der Güte beeinträchtigen könnten. Von den letzten Resten des Lösungsmittels kann das Gelöste nur befreit werden, indem man Dampf kräftig durchbläst.

Ich weise noch auf einen Umstand hin, der beim Bau von Destillierblasen oft nicht genug beachtet wird: die Heizschlangen müssen in der Blase so tief wie möglich gelegt werden; wird dies verabsäumt, so tauchen sie bei all-

[1]) d. h. unmittelbar eingeblasener Dampf.

[2]) d. h. mittelbar wirkender, in geschlossener Rohrleitung durchgeleiteter Dampf.

[3]) Berechnungsformeln s. E. Hausbrand „Verdampfen, Kondensieren und Kühlen". Berlin, Julius Springer.

Abb. 1. Röhrenkühler.

Abb. 3. Wasserabscheider (Florentiner Flasche).

Abb. 2. Wiedergewinnungsanlage für Trichloräthylen.

mählich abnehmender Menge der Lösung aus dieser auf und wirken daher bei fortschreitender Destillation, wenn sie ganz frei liegen, gar nicht mehr auf die Lösung ein. Das Sprührohr, das die letzten Lösungsmittelreste ausblasen soll, muß daher sinngemäß noch unterhalb der geschlossenen Heizschlangen angebracht werden.

Manche Lösungen neigen bei der Destillation zum Überschäumen; man kann dies verhindern durch ein Sprührohr, das in den oberen Teil der Blase eingesetzt, die aufsteigenden Schaumblasen zerteilt. Ich habe beobachtet, daß der Blaseninhalt besonders dann leicht überschäumt, wenn die Destillierblase mit einem Dampfmantel statt mit einer geschlossenen Heizschlange ausgerüstet ist.

Wenn man einen gleichmäßigen und sichern Betrieb erreichen will, so ist es erforderlich, während der Destillation den Blaseninhalt zu beobachten. Diesem Zwecke dienen verschiedene Vorrichtungen: Flüssigkeitstand, Beobachtungsfenster, Manometer, Thermometer, Probehähne.

Es ist wichtig, daß Blase und Brüdenrohre bis zu ihrem höchsten Punkte sorgfältig isoliert werden. Gute Isolation kann die Leistung der Blase auf das Dreifache steigern.

Die Wiedergewinnungsapparate.

Das verdampfte Lösungsmittel wird in Schlangenkühlern oder in Röhrenkühlern niedergeschlagen; Einspritzkondensatoren kommen in der Extraktionsindustrie selten vor.

In unsern Breitengraden is die ausreichend tiefe Temperatur des Kühlwassers durch die klimatischen Verhältnisse gewährleistet; anders dagegen in den Tropen; dort muß mitunter das sehr warme Zisternen- oder Flußwasser erst künstlich gekühlt werden. Die Wirtschaftlichkeit des Extraktionsbetriebes wird hierdurch stark beeinträchtigt.

Die Schlangenkühler sind einfach gebaut und daher verhältnismäßig billig; sie bestehen aus Rohrwindungen, die in einem oben offenen Wasserbehälter senkrecht stehend angeordnet sind. Im Vergleich zu den Röhrenkühlern nehmen sie mehr Raum ein und lassen sich schwerer reinigen. Sie haben meist einen geringeren Wirkungsgrad als die Röhrenkühler.

Die Röhrenkühler wirken senkrecht stehend am besten, weil sich dann nur der kleinste Teil ihrer Kühlfläche mit bereits verflüssigtem Lösungsmittel bedecken kann. Der beste Wirkungsgrad der Röhrenkühler wird erreicht, wenn die Rohre in Gruppen angeordnet werden, und wenn man die Dämpfe so leitet, daß sie nacheinander die einzelnen Rohrgruppen durchströmen müssen, bis der letzte Rest niedergeschlagen ist. Die bereits kondensierten Anteile sollen möglichst rasch aus dem Kondensator abgeführt werden, Abb. 1.

Als Kühlflüssigkeit wird meist Wasser verwendet; neuerdings auch die aus der Extraktion kommende Lösung, die man auf diese Weise vorzuwärmen trachtet. Eine lohnende wärmetechnische Ersparnis kann man aber nur bei Lösungsmitteln mit hoher spez. Wärme erzielen. Bei Lösungsmitteln mit niedriger spez. Wärme hingegen, z. B. bei Trichloräthylen, wiegt die verwickeltere Apparatur den Vorteil der bessern Wärmeausnutzung nicht auf.

Schlangenkühler und Röhrenkühler sind möglichst als Gegenstromkühler zu verwenden.

Die Aufgabe, das Lösungsmittel möglichst verlustlos wiederzugewinnen, könnten die Kondensatoren erfüllen, wenn keine Luft in der Apparatur vorhanden wäre. Diese Luft nimmt jedoch stets so viel Lösungsmittel dampfförmig in sich auf, als der jeweiligen Temperatur entspricht. Da nun bei hoher Temperatur die Spannung der Lösungsmitteldämpfe höher ist als bei tiefer Temperatur, so kann man wohl durch starke Abkühlung den größten Teil der Lösungsmitteldämpfe aus der „Atemluft" der Apparatur entfernen; will man jedoch den letzten Rest herausholen, so muß man die noch Lösungsmittel enthaltende Luft, bevor sie ins Freie entweicht, über Körper leiten, die die Spannung der Lösungsmitteldämpfe verringern, z. B. Paraffinöl, Tetralin, aktive Kohle. Diese Stoffe sollen den darüber hinwegstreichenden Dämpfen eine möglichst große Oberfläche bei geringem Widerstand darbieten. Dementsprechend gebaute Apparate sind: Ölrieseltürme, Kataraktrohre, Hürdenapparate. Die die Spannung der Lösungsmitteldämpfe herabsetzenden Stoffe büßen allmählich ihre Wirksamkeit ein; sie müssen daher von Zeit zu Zeit regeneriert werden, z. B. durch Destillation, Ausblasen mit Wasserdampf oder Luft, Abb. 2. Vorteilhaft ist es, die lösungsmittelhaltige Luft vor ihrem Eintritt in diese Apparate möglichst gut abzukühlen.

Die Hilfsapparate.

Das wiedergewonnene Lösungsmittel enthält noch Niederschlagwasser, das beim Ausdämpfen des Extraktors und der Destillierblase entstanden war. Es ist notwendig, dieses Wasser aus der Apparatur zu entfernen. Man benutzt dafür einen einfachen Apparat, der diese Aufgabe selbsttätig erfüllt und unter dem Namen „Florentiner Flasche" allgemein bekannt ist, Abb. 3.

Das Mischkondensat (Lösungsmittel und Wasser) sondert sich in diesem Wasserabscheider nach seinen spez.

Gewichten. Zur vollständigen Trennung der beiden Flüssigkeiten ist eine gewisse Zeit erforderlich. Die Zeit ist um so kürzer, je langsamer das Kondensat strömt. Eingehende Beobachtungen haben ergeben, daß sich die beiden Flüssigkeiten dann vollständig voneinander trennen, wenn sie 15 min lang im Wasserabscheider verweilen und dabei nicht mehr als 2 mm/s zurücklegen. Hieraus ergeben sich die Abmessungen für den Wasserabscheider.

Ein Beispiel soll dies erläutern:

Der Wasserabscheider einer mittelgroßen Extraktionsanlage soll in der Stunde von 5000 l Kondensat durchflossen werden. Das würde in 15 min (= 900 s) 1250 l ergeben. Bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 2 mm/s müßte die Nutzhöhe des Wasserabscheiders mindestens 1800 mm sein. Der Durchmesser des Gefäßes würde sich dann aus $d = 2\sqrt{\frac{1250 \cdot 10^6}{1800\,\pi}}$ zu 950 mm ergeben. An Stelle eines großen Abscheiders, der den angegebenen Ausmaßen entsprechen würde, verwendet man meist zwei kleinere Gefäße. Die damit verbundene Änderung der Strömungsrichtung unterstützt die Trennung. Das im ersten Gefäß abgeschiedene Lösungsmittel einerseits und das Wasser anderseits werden dem zweiten Gefäße getrennt zugeführt.

Aus dem spez. Gewicht der beiden Flüssigkeiten ergeben sich die Maße der Ablaufrohre. Ich nehme der einfacheren Berechnung halber an, daß sowohl Wasser als auch Lösungsmittel aus dem Wasserabscheider tropfenweise abrinnen. Wir erhalten dann die Gleichung:

$$a\,s_a + b\,s_b = x\,s_b.$$

Daraus ergibt sich:

$$x = \frac{a\,s_a + b\,s_b}{s_b}.$$

In der Gleichung bedeutet:

x = Gesamthöhe des Schwanenhalsrohres in cm,
a = Höhe der Flüssigkeit a in cm,
b = Höhe der Flüssigkeit b in cm,
s_a = spez. Gewicht der Flüssigkeit a in g/cm³,
s_b = spez. Gewicht der Flüssigkeit b in g/cm³.

Der Extraktionsingenieur soll mitunter feststellen, ob die Trennungsebene der beiden Flüssigkeiten im Wasserabscheider bereits bestehender Anlagen richtig liegt. Direkt meßbar ist der Höhenunterschied d zwischen Lösungsmittelablauf und Wasserablauf. Zu bestimmen ist das Stück a.

Aus Abb. 3 ergeben sich folgende Gleichungen:

$$\frac{a}{c} = \frac{s_b}{s_a},$$

mithin $$c = \frac{a\,s_a}{s_b}.$$

Nun ist aber auch $$c = a - d;$$

also: $$a - d = \frac{a\,s_a}{s_b},$$

daraus: $$a = d\,\frac{s_b}{s_b - s_a}.$$

Der Ausdruck $\frac{s_b}{s_b - s_a}$ ist für jedes Flüssigkeitspaar abhängig vom spez. Gewicht der beiden Flüssigkeiten und ist für dieses Flüssigkeitspaar eine Kenngröße. Sie beträgt z. B. für

Lösungsmittelbenzin (spez. Gew. 0,720) und Wasser: 3,56,
Trichloräthylen (spez. Gew. 1,47) und Wasser: 3,14,
Schwefelkohlenstoff (spez. Gew. 1,25) und Wasser: 5,00.

Aus diesen Kennwerten ergibt sich die Tatsache, daß man einen Extraktionsbetrieb durch Vertauschen der Ablaufrohre der Wasserabscheider von Benzin auf Trichloräthylen umstellen kann, nicht aber von Benzin auf Schwefelkohlenstoff, weil der Kennwert für dieses Lösungsmittel rd. 1½ mal so groß ist wie für Benzin.

Abb. 4. Miscellafilter.

Abb. 5. Brüdenfilter.

Bei einem in Betrieb befindlichen Wasserabscheider ist die jeweilige Höhe der Trennungsschicht geringen Schwankungen unterworfen, die jedoch für die Praxis bedeutungslos sind.

Miscellafilter. Selbst bei sehr sorgfältig durchgebildeten Extraktoren läßt es sich schwer vermeiden, daß unlösliche Teile des Extraktionsgutes vom Lösungsmittel mit fortgeschwemmt werden. Gelangen nun diese Teilchen in die Blase, so brennen sie an den Heizkörpern fest und beeinträchtigen die Güte der herausgelösten Substanz. Es ist also wichtig, diese festen Teilchen aus der Lösung, die in der Saatenölindustrie „Miscella" genannt wird, zurückzuhalten. Diesem Zweck dienen die Miscellafilter. Abb. 4 gibt eine Ausführung davon wieder, die sich in der Praxis bewährt hat. Es ist vorteilhaft, zwei Filter vorzusehen, die abwechselnd in den Betrieb eingeschaltet werden können. Die Filter sollen nur so groß bemessen sein, daß ein Mann sie bequem bedienen kann.

Brüdenfilter. Einen ähnlichen Zweck wie die Miscellafilter hat ein Apparat zu erfüllen, den man zuweilen in die Brüdenleitung (Rohrverbindung zwischen Extraktor und Kondensator) einbaut, um zu vermeiden, daß Staubteilchen beim Ausblasen des Extraktors mit den abziehenden Dämpfen in den Kondensator mitgerissen werden. Abb. 5 zeigt eine brauchbare Ausführung des Brüdenfilters.

Pumpen. In der Wahl der Lösungspumpen ist man ziemlich unabhängig. Verwendbar ist jede Pumpe, die genügend Lösungsmittel zu fördern vermag. Die zu fördernde Lösungsmittelmenge soll durch Schieber geregelt werden, die man in die Zulaufleitung der Pumpe einbaut. Ein besonderes Augenmerk hat man bei den Lösungsmittelpumpen darauf zu richten, daß möglichst wenig Stopfbüchsen vorhanden sind, und daß man diese bequem bedienen kann. Vorteilhaft ist es, die Pumpen so einzubauen, daß ihnen das Lösungsmittel zuläuft.

Lösungsmittelbehälter. Die Behälter sollen so groß bemessen sein, daß sie das Lösungsmittel des gesamten Betriebes aufnehmen können. Arbeitet man mit brennbaren Lösungsmitteln, so ist es unbedingt erforderlich, bei plötzlich eintretenden Betriebstörungen das Lösungsmittel in möglichst kurzer Zeit aus dem Arbeitsraum in den feuersicher gelagerten Lösungsmittelbehälter ablassen zu können. Die Explosionsgefahr wird dadurch beträchtlich verringert.

Der Lösungsmittelbehälter ist mit einem Flüssigkeitsstand zu versehen. Selbsttätig anzeigende Flüssigkeitsmesser sind sehr zu empfehlen. Jeder Lösungsbehälter sollte mit zwei Mannlöchern versehen werden; eins im Deckel des Gefäßes und eins möglichst nahe am Boden. Muß der Behälter einmal gereinigt werden, so können nach Öffnen beider Mannlöcher die Lösungsdämpfe entweichen, ohne die Gesundheit der Arbeiter zu gefährden. Hat der Behälter ein nichtbrennbares Lösungsmittel enthalten, so kann mittels eines elektrischen Fächers frische Luft zugeführt werden.

Die Lösungsmittel.

Bevor ich auf die wichtigsten Eigenschaften und die Verwendbarkeit der verschiedenen Lösungsmittel kurz eingehe, möchte ich eine wirtschaftliche Frage berühren: die

Abb. 6. Anlage zur Extraktion von Ölsaaten.

Erteilung der baupolizeilichen Erlaubnis für einen Extraktionsbetrieb innerhalb der Stadtgrenze. Sollten einheitliche Vorschriften für die Erteilung der Erlaubnis bestehen, so werden sie jedenfalls sehr verschieden ausgelegt. Im allgemeinen geht das Bestreben dahin, eine Sicherheitszone einzuschalten zwischen bewohnten Gebäuden und solchen Betriebsanlagen, die mit feuergefährlichen Lösungsmitteln arbeiten. Bei der Neueinrichtung von Extraktionsbetrieben ist dies zu beachten. Naturgemäß richtet sich auch die Höhe der Versicherungssumme nach dem Grade der Feuergefährlichkeit des Betriebes. Im sozialen und wirtschaftlichen Interesse ist daher die Verwendung nichtbrennbarer Lösungsmittel dann vorzuziehen, wenn die Güte des Enderzeugnisses dadurch nicht beeinträchtigt wird.

Abb. 7. Extraktion von Nickelkatalysator und Bleicherde.
D Destillierblase K Kühler B Behälter WA Wasserabscheider F Filterpresse R Rührkessel.

Lösungsmittel von hohem spez. Gewicht sind besser befähigt, nasses Extraktionsgut zu durchdringen als Lösungsmittel von niedrigem spez. Gewicht. Der Gefrierpunkt des Lösungsmittels soll möglichst tief liegen, damit bei strenger Winterkälte kein Erstarren des Lösungsmittels eintreten kann. Chemisch einheitliche Lösungsmittel haben ein enges Siedeintervall; die fraktionierte Destillation des Lösungsmittels vom Gelösten erfolgt daher viel sauberer. Je niedriger der Endpunkt der fraktionierten Destillation ist, um so mehr wird das Gelöste vor Überhitzung bewahrt und daher geschont; anderseits darf der Siedebeginn des Lösungsmittels nicht so tief liegen, daß durch Verdunstung große Verluste entstehen können. Geringe spez. Wärme und niedrige Verdampfungswärme bewirken Kohlenersparnis. Zahlentafel 1 gibt eine Zusammenstellung der physikalischen Eigenschaften der wichtigsten Lösungsmittel.

Untersucht man die zur Verfügung stehenden Lösungsmittel auf ihre wirtschaftliche Brauchbarkeit, so ergibt sich, daß das Trichloräthylen dem am besten entspricht; es hat noch den Vorzug, daß es aus nur einheimischen Rohstoffen hergestellt wird und uns daher von der Auslandseinfuhr unabhängig macht. Über die Anwendung des Trichloräthylen gebe ich daher einige praktische Winke.

Zahlentafel 1. Zusammenstellung der wichtigsten Lösungsmittel.

a) Brennbare Lösungsmittel.

	Spez. Gewicht	Schmelzpunkt	Siedepunkt	Spez. Wärme	Verdampf-Wärme
Benzin . .	0,66 bis 0,75	— 0,94° bis — 32°	70° bis 173°	0,50 bis 0,51 kcal	61 bis 80 kcal
Benzol . . .	0,88	+ 6°	80°	0,450 „	128 „
Schwefelkohlenstoff	1,25	— 112°	46°	0,240 „	87 „
Alkohol . .	0,79	— 114°	78°	0,648 „	265 „
Äthyläther .	0,71	— 117°	35°	0,523 „	90 „
Aceton . . .	0,79	— 94°	56°	0,528 „	125 „

b) Nicht brennbare Lösungsmittel.

	Spez. Gewicht	Schmelzpunkt	Siedepunkt	Spez. Wärme	Verdampf-Wärme
Chloroform	1,48	— 63°	+ 61°	0,234 kcal	75 „
Tetrachlorkohlenstoff	1,59	— 24°	78°	0,201 „	62 „
Trichloräthylen . .	1,47	— 78°	87°	0,228 „	56 „
Dichloräthylen . .	1,24	— 50°	48°	0,270 „	75 „
Wasser . .	1,00	0°	100°	1,000 „	536 „

Trichloräthylen wird im Handel „Tri" genannt. Es kann überall da angewendet werden, wo jetzt noch Benzin im Gebrauch ist; darüber hinaus aber auch bei der Extraktion von Ölsaaten, bei denen Benzin versagt. Abb. 6 zeigt eine Extraktionsanlage, die zum Entfetten von gewissen Ölsaaten mit Tri geeignet ist.

In der Lederindustrie hat das Tri Eingang gefunden, weil es ein besseres Enderzeugnis liefert; das mit Tri entfettete Leder ist „griffiger" als das mit Benzin entfettete. Die vorher geschilderten Eigenschaften des Tri, insbesondere seine Feuersicherheit, ermöglichen, für die Lederindustrie Einrichtungen zu schaffen, die wesentlich einfacher sind, als Apparate, in denen mit Benzin gearbeitet wird; daher können sich auch kleine Betriebe eine eigene Tri-Entfettungsanlage leisten. Die in jeder Gerberei vorhandenen hölzernen Walkfässer können mitunter mitverwendet werden, und außerdem kann aus den Fellen das Tri gefahrlos mit Luft abgeblasen werden, ohne daß explosible Gase entstehen.

Zum Schluß verweise ich noch auf die Tatsache, daß jetzt in Filterpressen feinpulverige Stoffe extrahiert werden können; ich habe die Anregung dazu gegegeben und damit diesen Apparaten ein weiteres Feld der Verwendungsmöglichkeiten eröffnet. Bedingung ist die Verwendung geschlossener Filterpressen mit eingelegten Tüchern und eines nicht brennbaren Lösungsmittels, Abb. 7.

Die Entfettung feinpulveriger Stoffe in der Filterpresse ist im Gegensatz zu allen andern Verfahren fast vollständig. Der fetthaltige Stoff wird im Rührkessel in so viel Lösungsmittel aufgeschlämmt, daß ein pumpfähiger Brei entsteht. Diesen Brei drückt man nun durch die Filterpresse, bis die Kammern der Presse gefüllt sind. Das ablaufende Filtrat wird in einer Destillierblase vom Lösungsmittel befreit. Die Filterkuchen werden in der Presse mit reinem Lösungsmittel vollständig ausgewaschen. Zum Schluß werden die in der Presse zurückbleibenden Lösungsmittelreste ausgedämpft. Die Dämpfe, die aus der Blase und aus der Presse entweichen, werden in einem Kondensator niedergeschlagen und über einen Wasserabscheider dem Lösungsmittelbehälter zugeführt.

Sehr empfehlenswert ist es, fetthaltige Bleicherde gleich im Anschluß an die Bleichung zu entfetten. Bekanntlich bleicht man Fette und Öle in der Weise, daß man die entsprechende Menge Bleicherde in das verflüssigte Fett oder Öl einrührt und nach erfolgter Bleichung die Bleicherde in der Filterpresse abfiltriert. Das gebleichte Öl wird gesondert aufgefangen. Wenn sich die Filterpresse vollständig mit der abfiltrierten Bleicherde gefüllt hat, schließt man die Hähne, durch die das Öl abgelaufen ist und wäscht nun die in der Presse entstandenen ölhaltigen Kuchen unmittelbar danach mit dem Lösungsmittel aus. Das hierbei entstehende Filtrat wird im Gegensatz zum Öl nicht durch einzelne Hähne, sondern durch einen geschlossenen Kanal aus der Filterpresse abgezogen und, wie beschrieben, vom Lösungsmittel getrennt. Die Zeit, die zum Auswaschen und Ausdämpfen der Presse erforderlich ist, wird durch die geringen Fettverluste beim Bleichen reichlich aufgewogen. Außerdem werden durch dieses Verfahren die Filtertücher sehr geschont. [B 485]

Geteilte Kolbenringe.

Kleinere Kolben, wie Indikatorkolben, arbeiten, sauber eingeschliffen, auch ohne Kolbenringe einwandfrei; bei größeren Durchmessern ist aber mit Rücksicht auf die praktische Ausführung der Zylinder und Kolben, ferner wegen der Temperaturschwankungen und der Abnutzung während des Betriebes ein Spiel zwischen Kolben und Zylinder und eine Abdichtung des Spaltes notwendig. Diese Abdichtung sucht man bei höheren Temperaturen durch federnde Metallringe zu erreichen.

Die Zunahme der Betriebsdrücke in Zylindern von Maschinen jeglicher Art wie z. B. Dampfmaschinen, Verbrennungsmaschinen, Verdichtern, Eismaschinen und Pumpen führte dazu, die Abdichtung der Kolbenringe zu verbessern und ihre Abnutzung zu verringern, da sonst Druckverluste die Wirtschaftlichkeit der Maschinen herabsetzen. Man hat dies auf zweierlei Art versucht; einmal durch Verbessern der selbstspannenden Eigenschaften der Ringe, die nach besonderen Verfahren angefertigt wurden[1]), und zweitens durch Teilen der Ringe, wobei entweder verschiedene Ringstücke durch Schraubenfedern gegen die Zylinderwände gepreßt[2]), oder verschiedene selbstspannende Ringe in einer Nut untergebracht werden. Man erreicht hierdurch einen besseren Druckausgleich, der einer unsymmetrischen Abnutzung vorbeugt und das Einlaufen der Maschine beschleunigt.

Ein Beispiel für diese Art von selbstspannenden Kolbenringen ist der heute besonders im Großölmotoren- und Automobilmotorenbau verwendete Eclipse-Kolbenring, Abb. 1 und 2. Er besteht aus zwei Teilen, einem L-förmigen Hauptteil und einem rechteckigen Außenring. Der Hauptring wird exzentrisch hergestellt und aufgeschnitten. Er erhält beim Zusammenpressen im Zylinder Eigenspannung. Der Außenring hat keine Spannung. Er ist mit einem Zapfen versehen, Abb. 1, der in den Hauptring eingreift, um das Zusammentreffen der beiden Öffnungen zu verhindern. Die Ringe werden gewöhnlich aus Gußeisen und für besondere Zwecke auch aus einer Sonderbronze hergestellt. [M 536]

[1]) Z. Bd. 45 (1901) S. 232 und 373; „Maschinenbau" Bd. 3 (1923/24) S. 1132.

[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 363.

RZ 536 Z 1

Abb. 1. Eclipse-Kolbenring.

a b RZ 536 Z 2

Abb. 2. Ringquerschnitt. *a* Innenring *b* Außenring.

Die wirtschaftliche Fortleitung und Verteilung von Dampf.

Auf Veranlassung von Herrn Dr. K. Hencky, dem Verfasser des unter obigem Titel in Z. Bd. 69 (1925) Nr. 16 S. 492 erschienenen Aufsatzes bringen wir nachstehende Berichtigungen hierzu und bemerken dazu noch folgendes: Die Korrekturabzüge konnten infolge Terminüberschreitung durch eine für uns arbeitende Werkstatt Herrn Dr. Hencky erst sehr spät zugestellt werden. Obschon dieser in der kürzesten möglichen Frist die Prüfung aufs genaueste vorgenommen und die nötigen Ergänzungen eingefügt hatte, war es leider nicht mehr möglich, dem von Herrn Dr. Hencky ausdrücklich geäußerten Wunsche, keinerlei redaktionelle Umänderungen mehr vorzunehmen, in vollem Umfange Rechnung zu tragen, wenn nicht das rechtzeitige Erscheinen des Heftes unmöglich gemacht werden sollte. So kamen ohne Verschulden und gegen die Absicht des Verfassers vor allem die nachgenannten Fehler und Unterlassungen zustande.

Im Kapitel „Schutz vor Wärmeverlusten" sechste Zeile heißt es: (Forschungsheim für Wärmeschutz, München). Dies war gesetzt worden an Stelle einer Fußnote: „Besonders erwähnt seien hier die grundlegenden Arbeiten des Laboratoriums für technische Physik und deren weiterer Ausbau durch das Forschungsheim für Wärmeschutz e. V. München".

Ferner wurden folgende Zitate fortgelassen:

Gerbel, Die wirtschaftlichste Isolierstärke, Verlag des V. d. I.

Cammerer, Der Einfluß der Dampfverwertung auf die wirtschaftlichste Isolierstärke, Archiv für Wärmewirtschaft 1923 S. 197.

Abb. 5 sollte bezeichnet sein: Wärmeschutzprüfer „Bayer", nicht „nach Bayer". In Fußnote [1]) auf S. 494 muß es heißen: K. Hencky, statt Hemky. Fußnote [2]) sollte auch das Zitat enthalten:

E. Schmidt, Messung von Wärmeverlusten im Betriebe, Archiv für Wärmewirtschaft 1924 S. 9.

Im Zitat 3) auf S. 494 sollte es heißen: Lupberger, statt Lußberger, und den Vermerk enthalten: (dem Verfasser während der Korrektur bekannt geworden).

Am Schlusse des Aufsatzes ist der Satz fortgeblieben: Die Erkenntnis vom Wert der Druckumformung sollte aber ein Ansporn zur Herstellung solcher Vorrichtungen sein. [N 566]

Das Dampfkesselwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Von Friedrich Münzinger, Berlin.

Vorgetragen in der Fachsitzung „Dampfkesselwesen" der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Augsburg 1925.

(Fortsetzung von S. 813).

Betriebserfahrungen.

a) Nietnahtrisse.

1. Allgemeines.

In Amerika sind Risse in den Nietnähten von Kesseltrommeln mindestens ebenso bekannt wie bei uns. Sie kommen sowohl an den Obertrommeln von Schrägrohrkesseln als auch bei Steilrohrkesseln, bei gelaschten und bei überlappten Nähten, bei Längs-, Rund- und Bodennähten vor.

Während man aber m. W. in Deutschland ihr Entstehen nur schlechten Baustoffen oder mangelhafter Ausführung zuschrieb und Forschungen daher nur in dieser Richtung durchführte, haben die Amerikaner sich eingehend mit dem Einfluß des Speisewassers befaßt und bemerkenswerte Ergebnisse erzielt, aber, worauf bereits auf S. 654 hingewiesen wurde, die Vorgänge bei der Nietung usw. nicht so eingehend untersucht wie z. B. Prof. R. Baumann.

Die Frage der Kesselrisse wird kühler als bei uns behandelt. Es zeigt sich eben auch hier ein ausgezeichnetes Zusammenarbeiten aller Beteiligten und das offensichtliche Bestreben, sich gegenseitig nach Möglichkeit zu helfen. Denn der Amerikaner legt auf rasches Erkennen und Abstellen von Schäden den entscheidenden Wert und nicht auf Auseinandersetzungen darüber, wer nun eigentlich „schuld" sei.

Es kann nicht überraschen, daß Schäden, die vielfach erst nach einer Reihe von Jahren in Erscheinung und in so verschiedenartiger Form auftreten, nicht immer ganz übereinstimmend geschildert werden. Ich habe die Frage mit vielen angesehenen und erfahrenen Ingenieuren besprochen. Mit Ausnahme eines einzigen Herrn, der sich nicht ganz bestimmt ausdrückte, hielten jedoch alle Befragten, Kesselhersteller, sowie Erbauer und Betriebsleiter von Elektrizitätswerken gewisse Speisewasser, wenn auch nicht für den alleinigen, so doch für einen der Hauptgründe der Risse.

Der Unterschied zwischen amerikanischer und deutscher Beurteilung ihrer Ursache läßt sich vielleicht am sinnfälligsten, wenn auch etwas übertrieben, folgendermaßen zum Ausdruck bringen: „Bei uns denkt man bei Nietnahtrissen gewissermaßen stillschweigend nur an mangelhafte Baustoffe oder ungeeignete Herstellung oder Bauart der Kessel. In Amerika dagegen schreibt man sie der Wirkung gewisser alkalischer Wässer zu (soweit es sich nicht um überlappte Nähte handelt) und faßt sie m. E. etwas summarisch unter dem Begriff „kaustische Sprödigkeit" (caustic embrittlement) zusammen." Die Amerikaner stützen ihre Ansicht auf vieljährige Beobachtungen an zahlreichen Kesseln und auf Untersuchungen in den Laboratorien verschiedener angesehener Forscher.

Ich habe meine Aufgabe darin erblicken zu müssen geglaubt, möglichst viel amerikanisches Material zu ermitteln und es in einem geschlossenen Bericht zusammenhängend darzustellen. Insbesondere hielt ich es für meine Pflicht, die amerikanischen Ansichten lückenlos und genau so wiederzugeben, wie sie mir gegenüber geäußert wurden, und zwar auch dann, wenn sie mir als gewagt oder nicht genügend begründet erscheinen. Ich stimme daher mit den folgenden Mitteilungen nicht durchweg überein, halte sie aber für so wichtig, daß ich glaube, sie werden uns einen erheblichen Schritt auf diesem schwierigen Gebiete weiterbringen, gleichgültig, wie man sich zu manchen Einzelheiten stellt. Die amerikanischen Forscher, insbesondere Prof. Parr, beziehen sich häufig auf deutsche Arbeiten, insbesondere auf Bauer und Heyn. Neuartig an den amerikanischen Untersuchungen ist vor allem:

1. daß sie mit Natronlauge hoher Temperatur durchgeführt wurden,
2. daß der Einfluß der Natronlauge auf belastete und auf unbelastete Bleche geprüft wurde,
3. daß eine neue Art von Blechsprödigkeit, die sogenannte kaustische Sprödigkeit festgestellt wurde;
4. endlich geben die Amerikaner eine Erklärung darüber, weshalb sich alkalische Wässer in den Nietnähten gefährlich anreichern können.

2. Untersuchungen von Parr.

Die erste und meines Wissens umfassendste wissenschaftliche Untersuchung wurde von Prof. Parr und einigen Mitarbeitern von der Universität Illinois in den Jahren 1912 bis 1916 ausgeführt. Ihr entstammen die folgenden Angaben.

Im Jahre 1884 wurde in Urbana im Staate Illinois ein neues Wasserwerk in Betrieb gesetzt, das sein Wasser einer etwa 50 m tiefen Bodenschicht entnimmt. Es hat insofern eine eigenartige Zusammensetzung, als es auf 1 000 000 Teile neben 60 bis 70 Teilen freier Soda (Na_2CO_3) 400 Teile damit scheinbar unvereinbarer Karbonate von Ca, Mg und Fe enthält und fast frei von Sulfaten ist. Die Beimengungen sind im Wasser in halbgebundener oder bikarbonatischer Form enthalten und daher löslich. Das Wasser hat also gewissermaßen negative Härte, wirkt selbstreinigend und bildet keinen Kesselstein. Später wurde vom Illinois State Water Supply Wasser ganz ähnlicher Zusammensetzung in den in Abb. 1 (S. 653), durch Schraffur hervorgehobenen Gebietsteilen I und II festgestellt.

Seit der Erschließung jener Gebiete hat sich eine Reihe schwerer, gleichgearteter, offenbar von derselben Ursache herrührender Kesselschäden ereignet, die Kesselherstellern und -besitzern viel Kopfzerbrechen verursachten und in den letzten 20 Jahren 12 Explosionen im nördlichen und 11 im südlichen Gebiete herbeiführten. Ähnliche Schäden traten im Jahre 1912 an den Obertrommeln der Schrägrohrkessel der Universität Illinois auf. Während diese Kessel ungefähr 15 Jahre lang anstandlos gearbeitet hatten, mußten im Jahre 1915 vier Obertrommeln einer neuen Lieferung schon nach dreijährigem Betriebe wegen Rißbildung ausgewechselt werden. Die alten Kessel waren mit weniger als 7 at betrieben worden, arbeiteten nur zeitweise und wurden Jahre hindurch nur mit Kondensat aus der Heizung, die sie mit Dampf versorgten, gespeist. Die neue Anlage dagegen lieferte Dampf für die Heizung und eine Dampfmaschine, hatte rd. 10 at Druck, arbeitete dauernd und war meist hoch belastet. In der Beimischung des eigenartigen Wassers zum Kondensat wird die Ursache der Schäden an den alten, lange Zeit einwandfrei arbeitenden und an den neuen, nur kurz in Betrieb befindlichen Kesseln erblickt.

Bei allen diesen Schäden zeigten sich stets nur unter dem Wasserspiegel zuerst feine, von den Nietlöchern ausgehende und allmählich gegen den Blechrand oder zum nächsten Nietloch fortschreitende Risse und eine auffallende Blechsprödigkeit. Abb. 34 zeigt das typische Bild solcher Risse am Ablaßflansch eines 250 m² Steilrohrkessels. Die Frage, ob die Bleche selbst, die Herstellung des Kessels oder das Speisewasser schuld sei, wurde von einem besonderen Ausschuß geprüft, der im Jahre 1917 ausführlich Bericht erstattete[1]).

Bereits im Jahre 1895 war bei Studien der Universität Illinois über die Steinbildung in Dampfkesseln festgestellt worden, daß bei Wassern der gekennzeichneten Art nach

[1]) The embrittling action of sodium hydroxide on soft steel. Von S. W. Parr, University of Illinois, Bulletin Nr. 94, 1917.

mehrtägigem Gebrauch in Dampfkesseln, die ja nur teilweise und periodisch abgelassen werden, das Natriumbikarbonat, $NaHCO_3$, infolge der Erwärmung nicht nur folgende Umwandlung erfährt:

$$2\,(NaHCO_3) = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O,$$

sondern unter Bildung von Natronlauge, NaOH, teilweise hydrolisiert wird:

$$Na_2CO_3 + H_2O = NaHCO_3 + NaOH.$$

Man hatte aber damals noch nicht an die Folgen dieser Erscheinung gedacht.

Parr vermutet auf Grund seiner Untersuchungen mit heißer Natronlauge, daß das Sprödewerden der Bleche von folgenden Ursachen herrühren könne:

a) Bei gewissen Wassern bildet sich im Kessel Natronhydroxyd. Findet es Gelegenheit, sich an einigen Stellen genügend anzureichern und auf die Kesselbleche einzuwirken, so entwickelt sich freier Wasserstoff, der in statu nascendi vom Blech aufgenommen wird und die sogenannte Wasserstoffsprödigkeit hervorruft;
b) die Alkalien dringen in das Blech ein und fressen ähnlich wie beim Überhitzen oder Verbrennen von Blechen den amorphen, interkristallinischen Zement heraus;
c) das Natriumhydroxyd verursacht eine Kristallisation, indem kleine Kristalle zu größeren zusammenwachsen.

Professor Parr hält Fall a) für den wahrscheinlichsten und erwähnt, daß die Bildung freien Wasserstoffes bei allen seinen Versuchen nachgewiesen werden konnte. Seine Einwirkung ist aber wenigstens anfänglich nur vorübergehend, da sich das Blech nach einer Ruhezeit, oder wenn der Angriff aufhört, wieder in seinen normalen Zustand zurückbildet. Soda (Na_2CO_3) greift als solches das Eisen nicht an, es bildet sich daher auch kein Wasserstoff. Gewisse Salze, wie z. B. Chromate, haben eine paralysierende Wirkung, andere Salze, wie die Sulfate, wirken zum mindesten als Verdünnungsmittel.

Es mag noch Erwähnung verdienen, daß der aus eisernen Rohren mit der größten Sorgfalt hergestellte Versuchsapparat bei Wasser sehr leicht, bei Natronlauge nur unter den allergrößten Schwierigkeiten dicht gehalten werden konnte, was die Hartnäckigkeit von Kesselleckagen bei Anwesenheit von Alkalien beleuchtet.

3. Untersuchungen von Williams und Homerberg.

Parr sagt, daß seine Untersuchungen lediglich das Sprödewerden von Kesselblech durch gewisse Chemikalien in solchen Fällen klären sollten, wo die Bedingungen für eine chemische Reaktion gegeben sind. Ihr Zweck sei aber nicht, die Ursache der Kesselschäden festzustellen, wenngleich sie hierzu wesentlich beitragen dürften.

Williams und Homerberg bauten im Jahre 1923 die Parrschen Arbeiten weiter aus, indem sie sowohl unbelastete als auch auf Zug verschieden stark beanspruchte Probestücke der Einwirkung von Natronlauge (NaOH) aussetzten, um zu prüfen, ob äußere Spannung den Angriff auf das Eisen beeinflußt[1]). Sie stellen folgende Theorie auf:

Beim Erstarren geschmolzenen Stahles werden seine Unreinlichkeiten nach dem Umfang der Stahlkörner getrieben. Dadurch lagern sich Eisenoxyde und etwa vorhandene Sulfide an Orten ab, wo ihre Zerstörung oder Entfernung besonders nachteilig wirkt. Wird nun ein Eisenblech auf Zug beansprucht, so entstehen infolge der mangelhaften Adhäsion zwischen diesen Einschlüssen und dem Metall selbst Kapillaren (small capillaries), in welche der durch Einwirkung der Natronlauge auf das Eisen gebildete elektrolytische Wasserstoff eindringen und die sehr fein verteilten Schlackeneinschlüsse zerstören kann. Insbesondere Eisenoxydul (FeO) und Eisensulfid wurden bei den Versuchen sehr stark angegriffen. Die Oxyde werden durch den Wasserstoff reduziert und die Sulfide durch die Natronlauge aufgelöst. Bei der Reduzierung bildet sich unter Volumenzunahme Wasser, das die Stahlkörper auseinander zu treiben trachtet. Äußere Zugbeanspruchung wirkt bei Anwesenheit genügend konzentrierter Natronlauge also in doppelter Weise ungünstig, indem sie vorhandene feine Kapillaren vergrößert und das durch chemische Auflösung der Einschlüsse ohnehin gelockerte Gefüge der Stahlkörner noch mehr beansprucht. Da nun die Zugbeanspruchung am Umfange der Nietlöcher rd. dreimal größer ist als im vollen Blech, zeigen sich solche Risse zuerst an den Nietlöchern.

[1]) Intercrystalline fracture in steel. Von R. S. Williams und V. D Homerberg. Transactions of the American Society for Steel Treating 1924 und Power Bd. 59 (1924) S. 608

Abb. 34. Durch kaustische Sprödigkeit schadhaft gewordener Ablaßflansch.

Für die Richtigkeit dieser Theorie soll sprechen, daß bei den Versuchen der Angriff von Natronlauge bei auf Zug beanspruchten Blechen wesentlich stärker war. Die beiden Forscher fassen ihre Ermittlungen etwa folgendermaßen zusammen:

a) Während der Kristallisation von Stahl werden seine Unreinlichkeiten großenteils an die Korngrenzen getrieben;
b) die im Blech enthaltenen Eisenoxyde und -sulfide sind die beiden Hauptursachen der sogenannten kaustischen Sprödigkeit;
c) die Oxyde werden durch den elektrolytischen Wasserstoff unter Bildung von Wasser reduziert. Infolge der hiermit verknüpften Volumenzunahme treten zu vorhandener äußerer Zugbeanspruchung noch innere, gleichfalls auf Trennung der Stahlkörner voneinander wirkende Kräfte;
d) die Sulfide werden durch die kaustische Sodalösung weggewaschen, wodurch eine fortschreitender Anfressung günstige Oberfläche entsteht;
e) die Anfressungen werden begünstigt, wenn ein Blech auf Zug beansprucht ist, da sich dann Kapillaren (small capillaries) bilden, durch welche die korrodierende Flüssigkeit eindringen kann;
f) ist die äußere Zugbeanspruchung genügend groß, so kann sie zusammen mit den unter c) bis e) geschilderten Einflüssen zu Blechrissen führen.

4. Schutzmittel gegen den Angriff von Natronlauge.

Parr schlägt verschiedene Schutzmittel vor, von denen aber meines Wissens nur zwei in der Praxis angewendet werden und sich gut bewährt haben. Er ging von der Erwägung aus, daß, wenn der elektrolytisch gebildete Wasserstoff tatsächlich die Ursache des Angriffes von Natronlauge ist, ein oxydierendes Agens, welches die Eisenelektrode depolarisiert und die Bildung von H verhindert, Abhilfe bringen müßte. Er mischte daher Natriumdichromat ($Na_2Cr_2O_7$) der Natronlauge bei und fand, daß dadurch die elektromotorische Kraft des Eisens gegenüber reiner Natronlaugenlösung von 80 °C auf rd. 0,4 V, d. h. auf weniger als die **Hälfte** sinkt. Da das Wasserstoff-Poten-

tial in einer alkalischen Lösung der für die Versuche benutzten Konzentration + 0,93 V beträgt, könnte daher nach Zusatz von $Na_2Cr_2O_7$ kein Wasserstoff mehr auftreten. Parallelversuche mit denselben Lösungen mit und ohne Zusatz von Natriumdichromat zeigten, daß nach Zusatz von $Na_2Cr_2O_7$ sich entweder überhaupt nicht oder nur sehr wenig Wasserstoff bildete. so daß das Eisen viel schwächer angegriffen wurde und der Angriff gänzlich anderen Charakter hatte. Auch ging die Zähigkeit des Eisens nicht zurück.

Darüber, wie Natriumdichromat wirkt, gehen die Meinungen etwas auseinander. Entweder tritt folgende Reaktion auf:

$$Na_2Cr_2O_7 + 2\,NaOH = 2\,Na_2CrO_4 + H_2O,$$

oder aber das Salz hat eine Doppelwirkung, indem der Wasserstoff bei seiner Entstehung statt in das Eisen zu gehen, unschädliche Verbindungen bildet:

$$2\,Na_2CrO_4 + 9\,H = 4\,NaOH + Cr_2(OH)_3 + H_2O.$$

Die Versuche wurden jedoch nicht lange genug fortgesetzt, um ein endgültiges Urteil abgeben zu können.

Als einfachstes Mittel zur Aufhebung der außerordentlichen Alkalität des Wassers der Universität Illinois bezeichnet der Parrsche Bericht die Beimengung eines Salzes, das mit der Natronlauge eine harmlose Verbindung bildet, z. B. Magnesiumsulfat, $MgSO_4 + 7\,H_2O$:

$$2\,NaOH + MgSO_4 = Na_2SO_4 + Mg(OH)_2.$$

Das Natriumsulfat bleibt in Lösung, Magnesiumhydroxid scheidet sich, falls das Wasser frei von ammoniakhaltigen Bestandteilen ist, als Niederschlag aus. Bei eingehenden Versuchen in den Jahren 1914 bis 1916 bewährte sich dieses Mittel offensichtlich gut.

Im Jahre 1916 wurden noch 10 Monate dauernde Versuche mit einem Zusatz verdünnter Schwefelsäure durchgeführt, bei deren Abschluß sich keinerlei Beschädigung der Kesseltrommeln zeigte. Schwefelsäure empfiehlt sich infolge ihrer großen Billigkeit und aus der Überlegung heraus, daß es zweckmäßiger ist, freie Säure zu verwenden, die dann Magnesiumsulfat bildet, statt das teuere Magnesiumsulfat in bereits fertigem Zustande. Der Gebrauch von Schwefelsäure verlangt aber sehr zuverlässige Überwachung und sachverständige Bedienung.

In den ausgezeichneten Reports of Prime Mover Committee vom Juli 1924 der National Electric Light Association, einer vorzüglich geleiteten, etwa unserer Vereinigung der Elektrizitätswerke entsprechenden Körperschaft, weist eine der bekanntesten amerikanischen Wasserreinigungsfirmen, die Cochrane Corporation, gleichfalls auf das Sprödewerden der Kesselbleche bei Wassern hin, die viel Soda, Na_2CO_3, oder Natriumbikarbonat, $NaHCO_3$, und verhältnismäßig wenig Sulfate enthalten. Die Cochrane Corporation hält Magnesiumsulfat und Schwefelsäure für weniger empfehlenswert, weil durch das gebildete Magnesiumkarbonat Kesselstein entsteht und weil Zusatz von Schwefelsäure sehr große Sorgsamkeit verlangt. Sie verwendet daher Gips ($CaSO_4$) und baut einen entsprechenden Apparat im Bedarfsfall mit ihrem normalen Wasserreiniger zusammen.

Drei von mir besuchte Elektrizitätswerke mischten eine Lösung mit 2 vH Schwefelsäure mit gutem Erfolge dem Zusatzwasser bei.

5. Erfahrungen aus der amerikanischen Praxis.

Die vorstehenden, vorwiegend auf Versuchen im Laboratorium beruhenden Mitteilungen mögen durch Ansichten und Erfahrungen von Kesselfabriken und Erbauern und Leitern großer Kraftwerke ergänzt werden.

Die erwähnten Laboratoriumsversuche lassen noch die Frage offen, weshalb alkalisches Speisewasser der in Kesseln üblichen geringen Konzentration dem Kesselblech soll so gefährlich werden können. Nach Mitteilungen mehrerer Ingenieure tritt kaustische Sprödigkeit nur an Nietverbindungen auf, die, wenn auch noch so schwach, von heißen Rauchgasen berührt werden. Dichten nun die Bleche nicht völlig nach dem Kesselinnern zu, so dringt alkalisches Wasser zwischen sie ein, das infolge der äußern Beheizung sich allmählich bis zur Sättigung anreichert und die Voraussetzungen für den gefährlichen Angriff auf die Kesselbleche schafft.

Besondere Beachtung verdient ein meines Wissens nicht veröffentlichter Bericht, den ich der Freundlichkeit von Dr. Jacobus verdanke und den H. J. Kerr dem Boiler Code-Ausschuß der American Society of Mechanical Engineers über die sehr ausgedehnten Erfahrungen und Beobachtungen der Babcock & Wilcox Co. erstattet hat. Er führt etwa 40 Fälle von Nietlochrissen an Kesseln der verschiedensten Herkunft, Ausführung und Bauart an, bei denen stets das Speisewasser die weiter oben beschriebenen Eigenschaften hatte. Einige hiervon sind in diesem Abschnitt bereits erwähnt worden. Kerr behandelt dann eingehend neun weitere Fälle, deren wesentlichste Merkmale nachstehend kurz wiederholt sind, soweit sie besonderes Interesse haben.

Die sich über mindestens 20 Jahre erstreckenden Aufzeichnungen von Babcock & Wilcox zeigen, daß abgesehen von Rissen bei Kesseln, die mit den erwähnten gefährlichen Wässern gespeist werden, höchstens 12 Fälle von Nietlochrissen bekannt geworden sind, die bei der sehr großen Zahl der von der Babcock Co. gelieferten Kessel überhaupt keine Rolle spielen. In mindestens einer Anlage traten wenigstens 12 Jahre hindurch immer wieder Risse auf, und obgleich einige schadhafte Trommeln durch besonders sorgfältig hergestellte ersetzt worden waren, rissen sie noch rascher als früher.

Die Risse erfolgten sowohl bei Blechen, die in chemischer und physikalischer Hinsicht völlig einwandfrei waren, als auch bei nicht ganz tadellosen, ferner bei Stahlguß und bei Nieten aus dem vollkommensten Sondereisen. Sie begannen stets auf der dem Wasser abgewendeten Blechseite und gingen niemals über die Lasche oder die Überlappung hinaus.

Fall I. Eine Gesellschaft, die zwei Werke A und B hat, litt derart unter Rissen an den Obertrommeln ihrer Schrägrohrkessel, daß sie 10 Jahre als normale Lebensdauer eines Kessels ansah. Später rissen aber einige Trommeln schon nach 12 Monaten. Das Speisewasser hatte folgende Gehalte an Soda und Natronlauge:

Teile auf 1 000 000 Teile Wasser:	Soda	Natronlauge
Werk A	111,2	27,6
Werk B	400	342

In Werk B traten weit mehr Risse auf als in Werk A. Die Gesellschaft hatte einmal versucht, Lauge in einem der Dampfkessel zu kochen mit dem Erfolge, daß seine Trommeln buchstäblich in Stücke zerfielen. Sechs Jahre später zeigten sich unter weniger schweren kaustischen Bedingungen Risse auch an der gelaschten Längsnaht und an der Bodennaht der Untertrommel eines Steilrohrkessels. Zu dieser Zeit fand man, daß das Werk zwei verschiedene Wasser verwendete, das eine enthielt Kalziumsulfat, das andere Kalziumkarbonat. Bei der Reinigung mit Soda und Kalk blieb daher das erste Wasser ungefährlich, im zweiten aber bildete sich ein hoher Gehalt an Natriumhydroxyd.

Fall II. Trotz tadelloser Bleche traten Längsnahtrisse der bekannten Form in der Ober- und Untertrommel eines Steilrohrkessels auf. Das Speisewasser hatte folgende Zusammensetzung:

Teile auf 1 Mill. Teile Wasser

Kalziumkarbonat	158,8
Natriumkarbonat	55,0
Magnesiumkarbonat	116,9
Kochsalz	66,2
Eisenoxyd und Tonerde	1,93
Kieselsäure	9,94
Organische Bestandteile	42,80
Feste Bestandteile	4,51

Es enthielt also freie Soda, aber kein Natriumsulfat. Nach Zusatz von Magnesiumsulfat kamen keine weiteren Risse vor.

Fall III. An den Lokomotiven einer großen Bahngesellschaft traten Risse auf, aber nur dann, wenn sie ihr Wasser in den weiter oben erwähnten Bezirken entnahmen.

Fall IV. Risse in der Trommel eines Steilrohrkessels auf einem Torpedobootzerstörer. Im Kessel war eine

dreifach normale Alkalität (3 % normal alkalinity) aufrecht erhalten und ein Kesselsteinmittel, bestehend aus Natronlauge und Soda, verwendet worden. Dieser Fall ist um so bemerkenswerter, als von kleinen gelegentlichen Undichtheiten der Kondensatoren abgesehen, das Speisewasser fast nur aus Kondensat bestand.

Fall V. Zwei Schrägrohrschiffskessel mit aufeinanderfolgenden Fabrikationsnummern wurden gleichzeitig in zwei Zollkutter eingebaut und unter ähnlichen Bedingungen betrieben. Nach 18 Monaten hatte der eine schwere Risse. Es zeigte sich, daß in diesem Kessel 1500 kg des bekannten Kesselsteinmittels verwendet worden waren, im andern nur 135 kg. Sämtliche Nietlöcher waren gebohrt, die Werkstättenarbeit die denkbar beste.

Babcock & Wilcox verstemmen auf Grund dieser Erfahrungen nur noch innen, außerdem geben sie folgenden Rat für die Behandlung des Speisewassers:

„Drückt man den Gehalt an Natriumhydrat plus Natriumkarbonat in der äquivalenten Natriumkarbonatmenge aus, so soll das Verhältnis

$$\frac{\text{äquivalentes Natriumkarbonat}}{\text{Natriumsulfat}}$$

betragen

bei Dampfdrücken bis 10,5 at nicht mehr als 1,
bei Dampfdrücken von 10,5 at bis 17,5 at nicht mehr als ½,
bei Dampfdrücken von mehr als 17,5 at nicht mehr als ⅓."

Soweit diese Vorschrift befolgt wurde, haben sich keine neuen Risse mehr gezeigt.

Noch folgende, von anderer Seite mitgeteilte Fälle mögen erwähnt werden:

Zu beiden Seiten eines Flusses stehen zwei mit genau denselben und aus der gleichen Periode stammenden Kesseln ausgerüstete Anlagen, die eine gehört einem Elektrizitätswerke, die andere einer Bahngesellschaft. Beim ersteren sind keine Schäden aufgetreten, aber die Bahngesellschaft hat eine sehr große Zahl von Obertrommeln wegen Nietnahtrissen auswechseln müssen. Während aber einige Herren berichteten, daß die schadhaft gewordenen Kessel sehr sorgsam hergestellt gewesen seien, bestritten dies andere. Das Elektrizitätswerk wird mit ungewöhnlich weichem Leitungswasser gespeist, das Bahnkraftwerk mit sehr hartem, mit Soda gereinigtem Tiefbrunnenwasser. Die Bahngesellschaft hatte lange Zeit nur ungenügende Mittel zu ordnungsgemäßer Kesselwartung und Wasserreinigung aufgewendet. Die Sattelstücke, welche die Sektionen mit den Obertrommeln verbinden, waren im Laufe von 10 Jahren so spröde geworden, daß Stücke mit dem Hammer herausgeschlagen werden konnten, außerdem waren zahlreiche Risse aufgetreten. Nach Auswechselung der Trommeln und Einführung einer geordneten Speisewasserwirtschaft sind keine neuen Schäden vorgekommen.

Die Naval Experiment Station in Annapolis hat, veranlaßt durch schwere Nietrisse an Schiffskesseln, durch Versuche vor ungefähr 8 Jahren festgestellt, daß „Kesselbleche auch durch übermäßigen Gebrauch von Soda beschädigt werden können, die sich unter Entwicklung freien Wasserstoffes zersetzt und dadurch kaustische Sprödigkeit und Schwächung der Bleche bewirkt". Gutes Dichthalten der Nähte und Nieten, um der Soda keine Gelegenheit zur Zersetzung zu geben, und Aufrechterhalten einer Wasseralkalität von weniger als 0,5 vH habe zufriedenstellende Ergebnisse gezeitigt[1]).

A. E. White bezeichnet in einem Vortrag in der American Society of Mechanical Engineers im Jahre 1920 die Absorption von Wasserstoff in statu nascendi infolge ungeeigneter Wasserbehandlung als Ursache des eigenartigen Sprödewerdens der Wasserrohre im Park Place-Heizwerk der Detroit Edison Co.

Ein leitender Ingenieur einer führenden Dampfkessel-Versicherungs-Gesellschaft teilte mir mit, daß kaustisches Sprödewerden besonders bei höheren Drücken und vorzugsweise bei Kesseltrommeln von 1200 mm und weniger Durchmesser vorkomme, aber fast nie bei großen schottischen Kesseln. Er schrieb dies dem schärferen Umbiegen bei kleinem Trommeldurchmesser zu, wodurch sehr feine Risse entstehen, durch die das Speisewasser in das Blechgefüge eindringen könne. Dazu komme, daß bei Belastungsschwankungen, beim Anheizen und beim Stillsetzen der Kessel kleine Formänderungen eintreten und daß die Bleche an den Nietnähten, wenn auch sehr wenig, auseinanderklaffen. Dadurch könne das Wasser zwischen die Bleche gelangen und seine zerstörende Tätigkeit beginnen. Für besonders schädlich hielt er starre, angenietete Flansche, da sie die Wärmedehnungen nicht im gleichen Maße mitmachen wie das Blech und infolgedessen unter Umständen sehr hohe Beanspruchungen in der Kesseltrommel verursachen.

[1]) Reports of Prime Mover Committee 1921, T. 5. S. 162.

In Mitteilungen über Kesselrisse in Elektrizitätswerken in den erwähnten Reports of Prime Mover Comm. vom Jahre 1921 wird hervorgehoben, daß Natronlauge zwar nicht im freien Wasserraum von Kesseln in einer für unverletzte Bleche gefährlichen Konzentration vorkomme, wohl aber aus den bereits angegebenen Gründen in den Nietverbindungen. Es wird ferner bestätigt, daß in den beiden, in Abb. 1 mit I und II bezeichneten Gebietsteilen des Staates Illinois die Risse nur bei Tiefbrunnenwasser, aber nicht bei Oberflächenwasser auftraten. Für diese beiden Wasserarten werden folgende durchschnittliche Analysen angegeben[2]):

Teile auf 1 Mill. Teile Wasser	Oberflächenwasser	Brunnenwasser
Kieselsäure	10,3	10,3
Eisenoxyd und Tonerde	8,6	8,6
Kochsalz	10,3	17,2
Natriumsulfat	20,6	0
Natriumnitrat	Spuren	Spuren
Natriumkarbonat	0	81,2
Kalziumsulfat	42,9	0
Kalziumkarbonat	102,8	158,4
Magnesiumkarbonat	85,8	120,0
Organische Bestandteile	10,3	6,9
Gesamte feste Rückstände	284	395

Nach derselben Quelle kamen einige weitere Risse im südöstlichen Texas vor bei Brunnenwasser ähnlicher, aber konzentrierterer Zusammenstellung als in Illinois, was sich mit Angaben aus dem Bericht von Kerr deckt.

Endlich bespricht der Bericht die bereits erwähnten Unfälle bei Schiffskesseln. In allen Fällen habe das Wasser Natriumkarbonat oder Natronlauge, meist als Hauptbestandteile, sonst nur wenig Beimengungen enthalten. Dem Ausschuß der N. E. L. A. seien aber keine Risse dieser Art bekannt geworden, bei denen diese beiden Voraussetzungen nicht zutrafen. Das Wesen kaustischer Risse wird folgendermaßen gekennzeichnet:

a) die Risse treten nur an den Nietverbindungen auf,
b) die Risse treten nur unterhalb der Wasserlinie auf,
c) alle Teile einer Nietverbindung, d. h. Trommelbleche, Laschen und Nieten werden in Mitleidenschaft gezogen,
d) die Risse sind an der Berührungsfläche der Bleche länger als an der gegenüberliegenden,
e) die kaustische Sprödigkeit zeigt sich nur bei Stoß- und Ermüdungsversuchen, aber fast nicht bei statischen Belastungsversuchen und beschränkt sich auf die Gegend der Nietverbindung.

6. Nietlochrisse und Werkstättenarbeit.

Die amerikanische Fachliteratur weist seit langem auf die Gefährlichkeit von Überlappungsnietnähten hin. Bereits im Jahre 1880 wurde die Ursache des Risses in einer solchen Nietnaht genau besprochen. Im Jahre 1905 ereignete sich in Brockton eine der verhängnisvollsten, je vorgekommenen Kesselexplosionen, bei der 57 Menschen getötet und 117 verletzt wurden infolge Aufreißens einer überlappten Längsnaht eines liegenden Heizrohrkessels von 1800 mm Durchmesser und 5200 mm Länge[3]). Seither ist in Amerika immer wieder die Forderung laut geworden, Überlappungs-Längsnietnähte bei Dampfkesseln überhaupt zu verbieten[4]), bis schließlich der amerikanische Boiler Construction Code vom Jahre 1924 bei Trommeln von mehr als 900 mm Durchmesser nur noch doppelt ge-

[2]) Die Werte im Originalbericht sind in grains/gallon angegeben. Sie wurden daher mit 17,15 multipliziert, um die auf 1 000 000 Teile Wasser bezogenen Werte zu erhalten.
[3]) „Power" Bd. 25 (1905) S. 257.
[4]) „Power" Bd. 53 (1921) S. 652, Bd. 56 (1922) S. 281.

laschte Längsnähte zuließ und bei Drücken von mehr als 7 at überlappte Längsnähte überhaupt untersagte.

Soweit ich über deutsche Nietnahtrisse unterrichtet bin, war ein Teil der beschädigten Kessel gleichfalls überlappt genietet. Auch in Amerika ist beim Herstellen der Nietlöcher, beim Biegen, Nieten und Verstemmen der Bleche zum Teil schwer gesündigt worden. Daß an solchen Kesseln auch bei gutem Speisewasser schließlich Risse auftreten, kann ebenso wenig überraschen, wie daß sie gegen kaustisches Wasser besonders empfindlich sind.

Bei einer Fabrikation wie der von Dampfkesseln, wo so viele Stellen zusammenarbeiten müssen, die teils örtlich weit voneinander getrennt, teils zu schwerster und höchste körperliche Anstrengung erfordernder Arbeit gezwungen sind, wird sich wohl nie eine ebenso scharfe Aufsicht und Kontrolle durchführen lassen, wie etwa bei einem leichten, reihenmäßig hergestellten Massenerzeugnis. Trotz aller Überwachung und Belehrung werden auch in den besten Werkstätten Nieter, Stemmer und Anrichter immer wieder der Versuchung erliegen, sich durch verbotene Handgriffe ihre harte Tätigkeit zu erleichtern oder Folgen unsachgemäß ausgeführter Arbeit zu verdecken. Es wird daher auch bei sehr guten Firmen gelegentlich ein Kessel herausgehen, der, ohne als minderwertig bezeichnet werden zu können, leichte Mängel hat. Um nun wenigstens vermeidbare Gefahrenmöglichkeiten auszuschalten, sollte das Konstruktionselement ausgemerzt werden, das selbst bei sorgfältiger Herstellung nicht vollwertig ist, nämlich die überlappte Längsnaht. Es sollte weiter in der Konstruktion und Betriebführung von Kesseln alles geschehen, was mit vernünftigen Kosten zusätzliche, sich der sicheren Beurteilung entziehende Beanspruchungen ausschließt.

Gleichgültig, ob man die Gefahr alkalischen Speisewassers hoch oder niedrig einschätzt, wird man auf alle Fälle nicht fehlgehen, wenn man sagt, daß alkalisches Speisewasser um so eher Schaden anrichten wird, je schwächer und empfindlicher das Blechgefüge bereits im neuen Kessel ist. Kessel aus mangelhaft hergestellten oder schlecht behandelten Blechen, oder mit schwachen Stellen, wie z. B. Überlappungsnähten, oder mit ungenügender Elastizität, oder von unsachgemäß ausgeführter Werkstättenarbeit, sind sicher eher gefährdet. Auch bei Kesseln werden sich Schäden meist an der schwächsten Stelle zeigen und sehr häufig trotz solcher schwachen Stellen ganz wegbleiben, wenn nicht für ihr Entstehen sonstige günstige Vorbedingungen vorliegen. Darin ist voraussichtlich auch die Erklärung dafür zu suchen, daß an vielen Kesseln im Gegensatz zu andern, ebenso schwachen, nie Risse vorgekommen sind, weil sie zufällig mit ungefährlichem Wasser gespeist wurden.

7. Die Ursache von Nietnahtrissen.

Zwischen amerikanischen und deutschen Nietnahtrissen herrscht insofern Ähnlichkeit, als auch bei uns eine stark örtliche Anhäufung von Rissen in einigen, eng begrenzten Bezirken besteht, meines Wissens zum Teil in Verbindung mit wenig glücklichen Speisewasserverhältnissen. In einem Werke scheinen sie zudem an Kesseln der verschiedensten Bauart, Herkunft und Herstellungsperioden aufgetreten zu sein. Man wird daher ihre Ursache etwa folgendermaßen beurteilen können:

In Amerika sind schwere Nietnahtrisse, von denen mindestens ein wesentlicher Teil nicht auf minderwertige Kessel zurückzuführen ist, bei alkalischem Speisewasser aufgetreten. Sie hörten auf, als entweder andres Wasser genommen oder aber das Wasser entsprechend behandelt wurde. Auch in Deutschland kommen die Risse in einigen Gebieten mit z. T. ungünstigen Speisewasserverhältnissen besonders häufig vor und haben wenigstens in einem Werke die verschiedenartigsten Kessel betroffen. Amerikanische Laboratoriumsuntersuchungen haben gezeigt, daß alkalische Wässer unter geeigneten Voraussetzungen Kesselbleche spröde machen können. Wenngleich man geteilter Meinung darüber sein kann, ob die von den amerikanischen Forschern gegebene Erklärung tatsächlich die Ursache der mit „kaustischer Sprödigkeit" bezeichneten Schäden ist oder nicht, so ist auf Grund der langjährigen amerikanischen Beobachtungen und Untersuchungen kaum mehr zu bezweifeln, daß gewisse laugenhaltige Wässer an vielen Nietnahtrissen schuld sind. Unter sonst gleichen Voraussetzungen werden sie einem Kessel um so gefährlicher werden, je mangelhafter seine Bleche oder seine Herstellung sind oder je unelastischer er ist. Es spricht aber viel dafür, daß auch an tadellosen Kesseln Nietnahtrisse auftreten, wenn eben das Wasser die erwähnte, eigentümliche Zusammensetzung hat. Man sollte daher in allen Werken mit Nietnahtschäden das Wasser eingehend untersuchen und bei zweifelhaftem Wasser genau prüfen, ob es nicht ratsam ist, das Wasser lieber einer andern Quelle zu entnehmen. Sind bei Wässern der gekennzeichneten Art Niehtnahtrisse aufgetreten, so sollte die Wasserversorgung besonders sorgfältig unter Berücksichtigung der amerikanischen Erfahrungen geprüft und gegebenenfalls geändert werden, da sonst zu befürchten ist, daß bei neuen Trommeln sich wieder derselbe Übelstand zeigt, da ja die eigentliche Ursache der Risse nicht beseitigt wurde. Möglicherweise werden „kaustische Risse" bei nahtlosen oder geschweißten Trommeln überhaupt aufhören. Jedenfalls sollten Kessel mit überlappten Längsnähten in Zukunft nicht mehr genehmigt, bzw., soweit sie bereits vorhanden sind, dauernd sorgfältig überwacht werden. Eine deutsche, die amerikanische ergänzende Untersuchung über die mit „kaustischer Sprödigkeit" bezeichnete Erscheinung wäre erwünscht.

8. Risse in den Kammerhälsen von Schrägrohrkesseln.

Die amerikanische Ansicht über die örtliche Anreicherung alkalischen Speisewassers in Nietnähten, die nach dem Kesselinnern zu nicht völlig dicht sind, wirft auch auf die Ursache der zahlreichen Risse in den Kammerhälsen von Schrägrohrkesseln möglicherweise neues Licht. Obertrommel und Kammerhalsflansch können kaum so gut gedichtet werden, daß kein Wasser zwischen sie eindringen und sich infolge der äußeren Beheizung gefährlich anreichern kann. Da die Hälse eine verwickelte, schwer herstellbare Gestalt haben und an zwei schwere unhandliche Körper, die Obertrommel und die Wasserkammer, angepaßt werden müssen, ist die Gefahr von Mißhandlungen der Bleche besonders groß. Ungleiche Wärme- und Druckdehnungen der Obertrommel und des Rohrbündels bringen hohe zusätzliche Beanspruchungen in das starre Zwischenglied. Ist daher das Kesselwasser stark alkalisch, ohne die erwähnten schützenden Beimengungen zu haben, so sind besonders günstige Voraussetzungen für Blechrisse gegeben.

Freilich gilt auch hier, daß nicht ganz tadellose Herstellung und die eben geschilderte Schwäche des Kammerhalses als solche an vielen Rissen allein schuld sind. Ersatz der Kammerhälse durch eingewalzte Rohre empfiehlt sich daher außer durch fabrikatorische und sonstige Vorzüge auch aus den eben erwähnten Gründen.

Gleichgültig aber, ob Natronlauge bezw. Soda die alleinige Ursache von Nietnahtrissen sein können oder nicht, so beweisen die amerikanischen Erfahrungen, wie wichtig geordnete Speisewasserwirtschaft und wie abwegig die Forderung vereinzelter Betriebsleute ist, ein neuzeitlicher, hochbelasteter Kessel müsse auch mit schlechtem Wasser anstandlos arbeiten. [B 222]

(Forts. folgt.)

Feuerungsrückstände in Großkraftwerken.

Eine magnetische Rückgewinnungsanlage für Brennstoffe nach neuesten Erfahrungen.

Von Dr.-Ing. eh. Ullrich, Magdeburg.

Kurze Erörterung der Gesichtspunkte für den zweckmäßigen Ausbau der Förder- und Aufbereitungsanlagen für Feuerungsrückstände in Dampfkraftwerken, Beschreibung der Einrichtungen eines Großkraftwerkes, bei dem selbsttätig arbeitende Förderrinnen die Feuerungsrückstände nach der in einem an das Kesselhaus anschließenden Gebäude aufgestellten magnetischen Aufbereitungsanlage fördern. Wirtschaftlichkeitsberechnung.

Die trockenmagnetische Rückgewinnung von Brennstoffen aus Feuerungsrückständen[1]) hat sich nicht nur in Deutschland, sondern auch in anderen Ländern mit gutem Erfolg eingeführt. Infolge der hohen Ausbeute an Brennstoff aus den Schlacken ist die Wirtschaftlichkeit der Anlagen auch bei billiger Kohle noch vorhanden. Ganz besonders sind es heute Kraftwerke, Gaswerke und größere industrielle Anlagen, die durch vollständiges Mechanisieren ihrer Betriebe die Kosten für Arbeitslöhne bis auf ein Mindestmaß herabdrücken und dadurch die Wirtschaftlichkeit erhöhen.

Bei einer Brennstoff-Rückgewinnungsanlage in einem Großkraftwerk müssen die Feuerungsrückstände durch zweckmäßig ausgeführte Förderanlagen aus den Kesselhäusern entfernt werden; die Aufbereitungsanlagen stehen mit den Fördereinrichtungen in unmittelbarer Verbindung, so daß mit geringer Bedienungsarbeit ein in technischer und hygienischer Beziehung einwandfreier Betrieb durchgeführt und die oft recht schwierige Frage der Rückstandbeseitigung zufriedenstellend gelöst ist.

Bei dem Ausbau der Förderanlage ist darauf zu achten, daß diese durch die von ihr bewegten Schlacken nicht zu sehr abgenutzt wird und daß sich Teile, die durch ein unvermeidbares Abnutzen unbrauchbar geworden sind, ohne Störung des Betriebes auswechseln lassen. Aus diesem Grunde finden sich nicht selten zwei Förderanlagen nebeneinander, von denen die eine in Betrieb ist, während die andere für den Bedarfsfall in Bereitschaft gehalten wird. Mit wenigen Handgriffen ist dann der Bedienungsmann in der Lage, den Betrieb von einer Förderanlage auf die andere umzustellen und auftretende Störungen zu beseitigen bzw. abgenutzte Teile auszuwechseln.

Die Aufbereitungsanlage wird zweckmäßig in einem eigenen, möglichst an das Kesselhaus sich anschließenden Gebäude untergebracht, so daß ihr die Feuerungsrückstände durch die Förderanlage von den Kesseln her unmittelbar zugeführt werden können, während das geschiedene Gut sich außerhalb des Gebäudes ansammelt und durch geeignete Fördermittel nach dem Kessel oder nach der Halde geschafft wird[2]).

Die Rückgewinnungsanlage in Stettin.

Die Schüttelrinnen fördern die Feuerungschlacke vom Kesselhaus nach der magnetischen Aufbereitungsanlage. Unter jeder Kesselreihe sind zwei unabhängig von einander angetriebene Rinnen eingebaut. Einer von diesen beiden Rinnen fällt die ausgebrannte Kohle vom Ende des Rostes her durch einen Trichter und eine hosenrohrartige Schurre zu, deren Auslauf durch Einstellen einer umlegbaren Klappe der einen oder andern Rinne zugeleitet wird, Abb. 1. Die Längsrinnen der hinteren Kesselreihe stehen durch Querrinnen mit den Längsrinnen der vorderen Kesselreihe in Verbindung, so daß diese Rinnen die Rückstände der über ihnen stehenden Kessel und die ihnen von der hinteren Kesselreihe zugeführte Aschen aufnehmen und zusammen nach der Aufbereitungsanlage weiterschaffen.

Die Kesselrückstände fallen am Ende der Rinne in einen Trichter, der über einem Backenbrecher angeordnet ist. Durch den

Abb. 1. Anordnung der Schüttelrinnen im Kesselhaus.

[1]) Vergl. Z. Bd. 65 (1921) S. 1283.

[2]) Im Großkraftwerk Stettin ist eine Aufbereitungsanlage nach dem patentierten trockenmagnetischen Scheideverfahren des Krupp-Grusonwerkes eingebaut.

Abb. 2. Selbsttätige Wiegevorrichtung.

Abb. 3. Magnetscheider Bauart Ullrich.

Brecher wird die Schlacke auf Korngrößen bis 40 mm gebrochen, worauf sie von einem Becherwerk aufgenommen wird. Am oberen Auslauf dieses Becherwerkes wird das Aufbereitungsgut auf selbsttätigen Wagen, Abb. 2, gewogen und dann in einem Bunker angesammelt, aus dem es nach Bedarf abgezogen und durch Ausläufe auf die beiden Scheider verteilt wird. Unter den Ausläufen fördern Stoßschuhspeiser das Rohgut gleichmäßig je auf ein Schüttelsieb, wodurch die größeren Stücke, unter denen sich in der Regel keine brennbaren befinden, abgesondert werden, um die Scheidetrommeln nicht unnötig zu belasten. Vier Auslaufrinnen des Schüttelsiebes verteilen das übrige Gut gleichmäßig auf die vier Magnetfelder einer jeden Scheidetrommel, Abb. 3. Der Koks und die Kohlenstücke fallen durch eine Schurre wiederum einer Schüttelrinne zu, und werden von dieser nach der einen Seite außerhalb des Gebäudes gefördert, während die nicht mehr für Feuerungzwecke brauchbaren Rückstandmengen nach der andern Gebäudeseite abgeleitet werden. Im Laufe des Tages sammeln sich an beiden Seiten der Anlage Koks und Schlacke an. Dabei ist die Anordnung getroffen, daß der Kokshaufen unmittelbar auf dem Zuführkanal für den Brennstoff zum Kesselhaus liegt; durch Öffnen eines Schiebers wird er also ohne weitere Handarbeit zum Kesselhause geschafft. Der Schlackenhaufen liegt in der Reichweite eines Greiferdrehkranes.

Zum Bedienen der Aufbereitungsanlage ist ein Mann erforderlich, der die Motoren und sonstigen Geräte überwacht; weitere Handarbeit hat er nicht zu leisten. Ebenso ist im Kesselhause nur ein Bedienungsmann tätig, der im Schlackenkeller die Förderanlage beaufsichtigt. Bei Störung der Förderung muß er die Ersatzrinne in Betrieb setzen und die Rückstände auf sie überleiten.

Im Großkraftwerk Stettin sind sowohl die Förderanlage im Kesselhaus als auch die Aufbereitungsanlage seit mehr als zwei Jahren in Betrieb. Täglich werden etwa 8 t Koks mit einem Heizwert von rd. 4800 kcal gewonnen.

Wirtschaftlichkeitsberechnung.

In fünf zur Wirtschaftlichkeitsberechnung genau überwachten Betriebsmonaten wurden 4872 t Rohgut verarbeitet. Der gesamte Kraftverbrauch für die Aufbereitungsanlage betrug 23 927 kWh oder auf 1 t verarbeiteter Rückstände 4,91 kWh.

Die Kraftkosten betrugen für die fünf Monate	1 196,35 M
In einer Schicht war nur ein Mann nötig. Der gesamte Arbeitslohn für die verarbeiteten 4872 t Rohgut betrug	1 344,— „
Die Instandhaltungskosten für die Aufbereitungsanlage, einschließlich des gesamten baulichen Teils, sowie einschließlich Zubehör, Löhne und sonstiger Ausgaben betrugen zusammen	1 948,74 „
	4 489,09 M

Die Verarbeitungskosten für eine Tonne Rohgut stellen sich somit auf $\frac{4\,489{,}09}{4\,872} = 0{,}921$ M.

Aus den 4872 t Rohgut wurden etwa 1218 t Brennstoff mit einem mittleren Heizwert von 4800 kcal = 25 vH Gewichtteile der Rückstände gewonnen. Die verbrannte Kohle hatte einen Heizwert von 6000 bis 6500 kcal. Der Wert des gewonnenen Brennstoffes mit 4800 kcal entspricht etwa 80 vH des Wertes der Kohle mit 6000 kcal. Der Preis der Tonne Kohle einschließlich Fracht usw. frei Großkraftwerk Stettin beträgt 23,50 M. Setzt man den Wert des zurückgewonnenen Brennstoffes aus der Asche mit etwa 70 vH des Preises der Kohle ein, so hat der gewonnene Brennstoff einen Wert von $23{,}50 \times 0{,}7 = 16{,}55$ M/t, mithin ist der Gesamtwert des zurückgewonnenen Brennstoffes in den fünf Monaten Betriebszeit, gleich $1218 \times 16{,}55 =$ . . . . . . 20 157,90 M

Die Unkosten betrugen	4 489,09 „
Mithin Reingewinn	15 668,81 M

oder $\frac{15\,668{,}81}{1\,218} = 12{,}86$ M für 1 t Brennstoff.

Die Unkosten für 1 t Brennstoff betrugen: $\frac{4\,489{,}09}{1\,218} =$ 3,69 M. Der Wert des gewonnenen Brennstoffes beträgt 16,55 M/t. Der Reingewinn im Jahr stellt sich nach diesen Ergebnissen auf $\frac{15\,668{,}81 \times 12}{5} = 37\,605{,}14$ M. Die Anlage ist seit dem Jahre 1922 im Betrieb und ist bereits abgeschrieben. Für die Verzinsung und die Abschreibung unter heutigen Verhältnissen würden bei einer Anlage von gleicher Leistung rd. 7000 M von dem obengenannten Gewinn abzusetzen sein.

Zum ersten Mal ist hier bei einem Kraftwerk eine Einrichtung geschaffen worden, die ohne jede Handarbeit die Feuerungrückstände von den Kesseln nach der Aufbereitung bringt, und bei welcher der ausgeschiedene Brennstoff selbsttätig wieder nach den Kesselfeuerungen zurückgeht. Vom hygienischen Standpunkt aus betrachtet hat der zweijährige Betrieb gezeigt, daß die mechanische Fördereinrichtung erheblich weniger Staub verursacht, als es sonst der Fall ist.

Hervorzuheben ist, daß Vorrichtungen zum Löschen der Schlacke eingebaut sind, daß aber nach den bisherigen Erfahrungen die glühende Schlacke ohne Löschung verarbeitet werden kann. Die Ersparnis an Arbeitern beim Wegschaffen der Schlacken gegenüber dem alten Verfahren beträgt je nach der Belastung des Werkes 3 bis 9 Arbeiter in 24 h. [B 379]

Ausbau der Wasserkräfte in Kanada 1924.

Aus einer Übersicht des „Dominion Water Power and Reclamation Service", Abteilung Kanada, geht hervor, daß im Jahre 1924 eine ganz besonders rege Tätigkeit hinsichtlich des Ausbaues von Wasserkräften in Kanada zu verzeichnen war. Über 300 000 PS sind 1924 hinzugekommen, wodurch die gesamten ausgebauten Wasserkräfte auf 3 569 275 PS angewachsen sind. Nach Fertigstellung der begonnenen Anlagen ist 1925 eine Vermehrung um über 600 000 PS zu erwarten. Durch die neueren Bauverfahren kann das Bedürfnis nach baldiger Inbetriebnahme so schnell befriedigt werden, daß die Herstellung sehr großer Anlagen innerhalb von 12 Monaten nichts Ungewöhnliches ist.

Von den 132 000 PS Zuwachs in der Provinz Ontario kommt der größere Teil auf Vergrößerung der bestehenden Werke durch Hinzufügen weiterer Maschinen, es sind aber auch mehrere ganz neue Anlagen entstanden. Die wichtigsten liegen in dem Bergwerksgebiet des nördlichen Ontario und im äußersten Westen bei Kenora, wo die Hydro-Electric Power Commission sich betätigt. U. a. wurde das Nipigon-Werk an der Nordspitze der Großen Seen auf 50 000 PS gebracht, eine weitere Vergrößerung um die Hälfte soll 1925 erfolgen. Weiter sind Untersuchungen im Gange, den in die Hudson Bay fließenden oberen Albany-Fluß in den Nipigon-See abzuleiten und hier auszunutzen. Im Queenston-Werk der genannten Gesellschaft wurde ein sechster und siebenter Maschinensatz von je 55 000 PS in Betrieb genommen, ein achter soll 1925 eingebaut werden, so daß die Gesamtleistung von 550 000 PS 1926 erreicht werden wird. Im Bergwerksgebiet des nördlichen Ontario wurden zwei Anlagen für die Porenpine-Goldfelder am Quinze River und bei den Island-Fällen am Abitibi River, eine weitere am Silberminengebiet vollendet.

In der Provinz Quebec ist die größte 1924 in Betrieb genommene Anlage die der St. Maurice Power Co. in La Gabelle am St. Maurice River mit 120 000 PS. Weiter sind zu nennen die Erweiterung der Cedars Rapids-Anlage am St. Lawrence-Strom auf 18 Einheiten mit 200 000 PS und die in der Ausführung begriffenen Werke der Duke Price Power Co. in der Grand Descharge am Saguenay-Fluß mit 360 000 PS. Besonders erwähnt zu werden verdient das wichtige Unternehmen der Quebec Streams Commission, der Bau von Staubecken. Zwei große am St. Maurice und St. Francisco River und ein kleineres am St. Anne de Beaupre River sind schon im Betrieb, ein weiteres, das Lake Kenogami-Becken, zur Regulierung des Chicontimi und Sable River, wird nach seiner Fertigstellung 1925 ein Fassungsvermögen von rd. 370 Mill. m³ haben. („Power" Bd. 61 (1925) Nr. 5.)

[N 519] Bu.

Weiterer Beitrag zur Theorie der Luftschrauben.

Von Hauptmann a. D. Th. Bienen, Aachen.

Es wird die günstigste Schubverteilung für Luftschrauben unter Berücksichtigung der Strömungs- und Luftreibungsverluste abgeleitet. Dabei ergibt sich ein günstiger Außen- und Nabenhalbmesser. Die Berechnungen werden auf Luftschrauben mit gegebenem Außenhalbmesser ausgedehnt. Für Luftschrauben mit günstiger Schubverteilung werden Wirkungsgradformeln mitgeteilt.

In einer früheren, von Prof. Th. v. Kármán und mir verfaßten Arbeit[1]) hatten wir für eine Luftschraube, bei der die „induzierten" Strömungsverluste einen Kleinstwert erreichen, die günstigste Schubverteilung ermittelt und auf Grund dieser Schubverteilung Gleichungen für die Formgebung der Luftschraube abgeleitet. Den Einfluß des Profilwiderstandes auf die günstigste Schubverteilung, der infolge der Oberflächenreibung der Luft und der Wirbelablösung entsteht, hatten wir vernachlässigt und uns damit begnügt, in einer Fußnote hierauf hinzuweisen.

In der vorliegenden Arbeit[2]) habe ich auf Veranlassung von Prof. v. Kármán auch diesen Einfluß untersucht und in die Kleinstwertbedingung die Profilverluste mit einbezogen. Außerdem wurden Gleichungen für den induzierten und Gesamtwirkungsgrad abgeleitet, bei denen die tatsächliche Schubverteilung berücksichtigt ist. Die oben angeführte Arbeit wird als bekannt vorausgesetzt; die dort verwendeten Bezeichnungen werde ich auch hier benutzen.

Leistungsbilanz für ein Schraubenelement.

Wir wollen für ein beliebiges Schraubenringelement im Abstand r von der Achse und der Breite $d\,r$ die Leistungsbilanz aufstellen.

Die aufgewandte Leistung muß gleich der Nutzleistung zuzüglich der Verluste sein. Diese setzen sich zusammen aus den induzierten Strömungsverlusten und den Reibungsverlusten. Wie wir früher[3]) abgeleitet hatten und unter Berücksichtigung von Abb. 1 sind die Strömungsverluste gleich

$$d\,L_i = d\,S_i\,\frac{w'}{2} + d\,M_i\,\frac{\omega'}{2} = \frac{\gamma}{g}\left(w + \frac{w'}{2}\right) d\,F\left(\frac{w'^2}{2} + \frac{r^2\,\omega'^2}{2}\right) \quad (1).$$

Die Reibungsverluste sind nach Abb. 1

$$d\,L_R = d\,W \cos\beta_r'\,r\left(\omega - \frac{\omega'}{2}\right)$$

oder mit Einführung der Gleitzahl $\varepsilon = \frac{d\,W}{d\,A}$ und mit Rücksicht darauf, daß

$$d\,A = \frac{d\,S_i}{\cos\beta_r'},$$

$$d\,L_R = d\,S_i\,\varepsilon\,r\,\omega = \frac{\gamma}{g}\left(w + \frac{w'}{2}\right) d\,F\,\varepsilon\,r\,\omega\,w' \quad . \; . \quad (2),$$

wobei wir $\frac{\omega'}{2}$ gegen ω vernachlässigen.

Die Leistungsbilanz für ein Ringelement lautet (s. Abb. 1):

$$d\,M\,\omega = d\,S\,w + d\,S_i\,\frac{w'}{2} + d\,M_i\,\frac{\omega'}{2} + \varepsilon\,d\,S_i\,r\,\omega \quad . \quad (3).$$

Ein Teil des induzierten Schubes wird durch die Oberflächenreibung und Wirbelablösung vernichtet. Den tatsächlich wirksamen Schub kann man gleich dem induzierten Schub, vermindert um die in Richtung des Schubes fallende Komponente des Profilwiderstandes setzen:

$$d\,S = d\,S_i(1 - \varepsilon\,\mathrm{tg}\,\beta_r') = \frac{\gamma}{g}\left(w + \frac{w'}{2}\right) w'\,d\,F(1 - \varepsilon\,\mathrm{tg}\,\beta_r') \quad (4);$$

während das erforderliche Drehmoment gegenüber dem induzierten Moment infolge des Profilwiderstandes um den Betrag $\varepsilon\,\mathrm{ctg}\,\beta_r'$ zu vergrößern ist.

$$d\,M = d\,M_i(1 + \varepsilon\,\mathrm{ctg}\,\beta_r') = \frac{\gamma}{g}\left(w + \frac{w'}{2}\right) r^2\,\omega'\,d\,F(1 + \varepsilon\,\mathrm{ctg}\,\beta_r') \quad (5).$$

Der Gesamtwirkungsgrad für ein Schraubenelement ist offenbar unter Berücksichtigung von Gl. (4) und (5)

$$\eta = \frac{d\,S\,w}{d\,M\,\omega} = \frac{w}{r\,\omega}\,\frac{w'}{r\,\omega'}\,\frac{1 - \varepsilon\,\mathrm{tg}\,\beta_r'}{1 + \varepsilon\,\mathrm{ctg}\,\beta_r'} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (6).$$

Das letzte Glied ist uns bekannt als Gütegrad ζ. Da der Gesamtwirkungsgrad nun gleich ist dem induzierten Wirkungsgrad η_i vervielfacht mit dem Gütegrad, so ist also, wie wir bereits früher[4]) ableiteten,

$$\eta_i = \frac{w}{r\,\omega}\,\frac{w'}{r\,\omega'} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (7).$$

Die günstigste Schubverteilung.

Wir stellen jetzt wieder in bekannter Weise die Kleinstwertbedingung für die günstigste Schubverteilung auf, verlangen also: Die Gesamtverluste sind möglichst klein zu halten, während gleichzeitig ein bestimmter Gesamtschub erzeugt werden soll.

Unter Benutzung von Gl. (1), (2), (4) und (7) erhalten wir also

$$\left.\begin{aligned} L_v &= \int_0^F \frac{\gamma}{g}\left(w + \frac{w'}{2}\right)\left[\frac{w'^2}{2} + \frac{1}{2}\left(\frac{w\,w'}{r\,\omega}\,\frac{1}{\eta_i}\right)^2 + \varepsilon\,r\,\omega\,w'\right] d\,F = \mathrm{Min.} \\ S\,w &= \int_0^F \frac{\gamma}{g}\left(w + \frac{w'}{2}\right)(1 - \varepsilon\,\mathrm{tg}\,\beta_r')\,w\,w'\,d\,F = \mathrm{gegeben} \end{aligned}\right\} \quad . \quad (8).$$

Wir ersetzen nun $w + \frac{w'}{2}$ durch den Mittelwert $\frac{w}{\eta_a}$,

$$\eta_a = \frac{w}{w + \frac{w'}{2}},$$

und variieren w'. Dann ergibt sich — für η_i und ε Mittelwerte angenommen — durch Differenzieren der Ausdrücke unter dem Integralzeichen nach w'

$$w'\left[1 + \left(\frac{w}{r\,\omega}\,\frac{1}{\eta_i}\right)^2\right] + \varepsilon\,r\,\omega - \Theta\,w\,(1 - \varepsilon\,\mathrm{tg}\,\beta_r') = 0,$$

$$w' = \frac{\Theta\,w\,(1 - \varepsilon\,\mathrm{tg}\,\beta_r') - \varepsilon\,r\,\omega}{1 + \lambda_r'^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (9),$$

wobei wir wiederum

$$\frac{w}{r\,\omega}\,\frac{1}{\eta_i} = \lambda_r'$$

setzten. Θ ist der Lagrangesche Faktor.

Für $r = 0$, also an der Schraubenachse, wird $1 + \lambda_r'^2$ unendlich, d. h. die zusätzliche Axialgeschwindigkeit, mithin

Abb. 1.
Kraftverhältnis am Luftschraubenelement.

[1]) Vergl. Th. Bienen u. Th. v. Kármán, Zur Theorie der Luftschrauben, Z. B. 68 (1924) S. 1237 u. f.

[2]) Die vorliegende Arbeit soll nur einen Überblick über einige neue Ergebnisse bringen. Eine ausführliche Darstellung erscheint demnächst in der Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt. Dort ist auch ein Zahlenbeispiel durchgerechnet.

[3]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 1237.

[4]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1239.

Abb. 2. Die günstigste Schubverteilung über dem Halbmesser.

auch der Schub verschwinden. Zur Ermittlung der übrigen Nullstellen setzen wir den Zähler in Gl. (9) gleich null und erhalten

$$\Theta\, w\,(1-\varepsilon \operatorname{tg}\beta_r')-\varepsilon\, r\,\omega=0\,.$$

Für $\operatorname{tg}\beta_r'$ schreiben wir $\frac{\lambda_r}{\eta_i}$ und lösen nach λ auf. Dann ergibt sich

$$\lambda=\frac{\eta_i}{2\varepsilon}\pm\frac{\eta_i}{2\varepsilon}\sqrt{1-\frac{4\varepsilon^2}{\Theta}}\,.$$

Wie wir später noch sehen werden, ist Θ größer als ε, so daß wir die Wurzel entwickeln und nach dem ersten Gliede abbrechen können.

Man erhält

$$\left.\begin{aligned}\lambda_a&=\frac{\varepsilon}{\Theta}\\ \lambda_i&=\frac{\eta_i}{\varepsilon}-\frac{\varepsilon}{\Theta}=\frac{\eta_i}{\varepsilon}-\lambda_a\end{aligned}\right\}\quad\ldots\ldots\ldots(10).$$

λ_a entspricht dem günstigsten Außenhalbmesser, λ_i dem Nabenhalbmesser.

Aus Gl. (10) setzen wir die Konstante Θ, den Lagrangeschen Faktor, in Gl. (9) ein und erhalten

$$w'=w\,\frac{\varepsilon}{\lambda}\,\frac{1-\frac{r}{R}-\varepsilon\operatorname{tg}\beta_r'}{1+\lambda_r'^2}\quad\ldots\ldots\ldots(11),$$

wo

$$\lambda=\frac{w}{R\,\omega}$$

ist.

In Abb. 2 ist die zusätzliche Geschwindigkeit und die günstigste Schubverteilung in Abhängigkeit vom Halbmesser für verschiedene Gleitzahlen aufgetragen. Wie man sieht, ist mit schlechter werdender Gleitzahl der Schub immer mehr an einer Stelle anzuhäufen, der Außenhalbmesser wird kleiner, der Nabenhalbmesser größer. Allerdings kommen größere Gleitzahlen als etwa 0,08 (z. B. bei Schiffsschrauben) nicht vor; diese haben nur noch wissenschaftlichen Wert

Abb. 3. Konstanten zur Berechnung des Schubes und des Wirkungsgrades.

Bei üblichen Gleitzahlen ($\varepsilon=0{,}03$) ist nun in Gl. (11) der Faktor $\varepsilon\operatorname{tg}\beta_r'$ praktisch bedeutungslos. Nur ganz in der Nähe der Nabe, also an Stellen, die nur verschwindend wenig zum Gesamtschub beitragen, macht sich die Größe $\varepsilon\operatorname{tg}\beta_r'$ bemerkbar. Wir werden die folgenden Berechnungen daher mit der Näherungslösung

$$\left.\begin{aligned}w'&=w\,\frac{\varepsilon}{\lambda}\,\frac{1-\frac{r}{R}}{1+\lambda_r'^2}\\ r\,\omega'&=w\,\frac{\varepsilon}{\lambda}\,\frac{1-\frac{r}{R}}{1+\lambda_r'^2}\,\lambda_r'\end{aligned}\right\}\quad\ldots\ldots\ldots(12)$$

durchführen.

Zur Ermittlung des Gesamtschubes setzen wir w' aus Gl. (12) in Gl. (8) ein, schreiben für $w+\frac{w'}{2}$ den Mittelwert $\frac{w}{\eta_a}$, vernachlässigen in der Formel für den Schub ebenfalls die Größe $\varepsilon\operatorname{tg}\beta_r'$ und erhalten die günstigste Schubverteilung

$$\sigma_r=\frac{d\,S}{\gamma\frac{w^2}{2g}\,2\,r\,\pi\,d\,r}=\frac{2}{\eta_a}\,\frac{\varepsilon}{\lambda}\,\frac{1-\frac{r}{R}}{1+\lambda_r'^2}\quad\ldots\ldots(13)$$

und nach der Ausführung der Integration

$$\sigma=\frac{S}{\gamma\frac{w^2}{2g}F}=\frac{2}{\eta_a}\,\frac{\varepsilon}{\lambda}\,(\varphi-{}^2/_3\,\psi)\quad\ldots\ldots(13a),$$

wo wir noch

$$\varphi=1-\lambda'^2\ln\frac{1+\lambda'^2}{\lambda'^2}$$

und

$$\psi=1-3\,\lambda'^2+3\,\lambda'^3\left(\frac{\pi}{2}-\beta'\right)$$

setzten. Die Werte für $(\varphi-{}^2/_3\,\psi)$ sind in Abhängigkeit von λ' in Abb. 3 aufgetragen.

Abb. 5. Die günstigste Schubverteilung bei begrenztem Außenhalbmesser.

Abb. 4. Beziehungen zwischen zusätzlichen Geschwindigkeiten, induziertem Wirkungsgrad und Steigungswinkel.

Abb. 6. Zeichnerische Ermittlung der verschiedenen Größen bei günstigstem Außenhalbmesser.

Der induzierte Wirkungsgrad und der Gesamtwirkungsgrad.

Für ein beliebiges Schraubenelement ist der Gesamtwirkungsgrad offenbar

$$\eta_r = \frac{1}{1 + \frac{\mathrm{d}\,L_v}{\mathrm{d}\,S_w}}.$$

Setzt man die Werte für $\frac{\mathrm{d}\,L_v}{\mathrm{d}\,S_w}$ ein und berücksichtigt ferner die durch Abb. 4 wiedergegebenen Beziehungen, so erhält man folgende Gleichungen: Für ein Schraubenringelement im Abstand r von der Schraubenachse ist

der Gesamtwirkungsgrad

$$\eta_r = \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon}{2\lambda}\left(1 + \frac{r}{R}\right)},$$

der induzierte Wirkungsgrad

$$\eta_{i_r} = \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon}{2\lambda}\left(1 - \frac{r}{R}\right)},$$

und der axiale Wirkungsgrad

$$\eta_{a_r} = \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon}{2\lambda}\,\frac{1 - \frac{r}{R}}{1 + \lambda_r'^2}} \quad \ldots\ldots\ldots (14).$$

Eine gute Näherung für die Mittelwerte dieser Wirkungsgrade erhält man dadurch, daß man in obige Formeln denjenigen Halbmesser r einsetzt, der dem Schwerpunktsabstand der Momentenfläche vom Schraubenmittelpunkt entspricht.

Dieser Abstand ist gleich

$$r_s = \frac{\int_0^R r\,\frac{\mathrm{d}\,M}{\mathrm{d}\,r}\,\mathrm{d}\,r}{\int_0^R \frac{\mathrm{d}\,M}{\mathrm{d}\,r}\,\mathrm{d}\,r}.$$

Man erhält nach Ausführung der Integration

$$r_s = \frac{2}{3}\,R\,\frac{\psi - \frac{3}{4}\chi}{\varphi - \frac{2}{3}\psi} = \frac{2}{3}\,R\,\xi \quad (15).$$

Hierin bedeuten

$$\varphi = 1 - \lambda'^2 \ln\frac{1 + \lambda'^2}{\lambda'^2},$$

$$\psi = 1 - 3\,\lambda'^2 + 3\,\lambda'^3\left(\frac{\pi}{2} - \beta'\right),$$

$$\chi = 1 - 2\,\lambda'^2 + 2\,\lambda'^4 \ln\frac{1 + \lambda'^2}{\lambda'^2}.$$

Die Größe ξ ist in Abb. 3 in Abhängigkeit vom induzierten Fortschrittsgrad λ' aufgetragen. Die Mittelwerte für die verschiedenen Wirkungsgrade lauten daher

$$\eta_{ges.} = \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon}{2\lambda}\left(1 + \frac{2}{3}\xi\right)}, \qquad \eta_i = \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon}{2\lambda}\left(1 - \frac{2}{3}\xi\right)} \quad \ldots (16)$$

usw.

Die günstigste Schubverteilung bei begrenztem Außenhalbmesser.

Mit Rücksicht auf die Festigkeit und das Gewicht der Luftschraube und auf den konstruktiven Aufbau des Flugzeuges wird man den Außenhalbmesser stets kleiner wählen, als es der günstigste Wirkungsgrad verlangt. Es ist dann also diejenige günstigste Schubverteilung zu suchen, bei der bei gegebenem Fortschrittsgrad der vorgeschriebene Gesamtschub erreicht wird.

In Abb. 5 haben wir zwei Schubverteilungskurven nach Gl. (13) aufgetragen. Zu R_g (günstigster Halbmesser) gehört der vorgegebene Gesamtschub S bzw. der mittlere Belastungsgrad σ. Die Aufgabe besteht nun darin, den „ideellen" Halbmesser $R_{id.}$ derart zu bestimmen, daß bei Verteilung des Schubes nach der zu $R_{id.}$ gehörenden Kurve (die ihrerseits für diesen Halbmesser die günstigste Verteilungskurve darstellt) bereits bei dem gegebenen „effektiven" Halbmesser $R_{eff.}$ der verlangte Gesamtschub erreicht wird. Die wirkliche Schraube stellt dann also einen Ausschnitt aus einer größeren, ideellen Schraube dar.

Setzt man

$$x = \frac{R_{eff.}}{R_{id.}} = \frac{\lambda_{id.}}{\lambda_{eff.}}$$

so führt Gl. (13) zu der Beziehung

$$x = \frac{(\varphi - \frac{2}{3}\psi)_{eff.}\,\lambda_g\,\eta_{a_g}}{(\varphi - \frac{2}{3}\psi)_g\,\lambda_{eff.}\,\eta_{a_{eff.}}} \quad \ldots\ldots\ldots (17).$$

Die Zeiger eff. und g bei den Größen $(\varphi - \frac{2}{3}\psi)$ sollen andeuten, daß die Werte zum günstigsten und zum effektiven (induzierten) Fortschrittsgrad (λ') gehören und an entsprechender Stelle in Abb. 3 abzulesen sind. Mit x sind auch der ideelle Fortschrittsgrad sowie der ideelle Halbmesser ermittelt. Die günstigste Schubverteilung erhält man durch Einsetzen von $\lambda_{id.}$ in Gl. (13)

$$\sigma_r = \frac{2\,\varepsilon}{\lambda_{id.}}\,\frac{1 - \frac{r}{R_{id.}}}{1 + \lambda_r'^2}.$$

Abb. 7. Zeichnerische Ermittlung der verschiedenen Größen bei begrenztem Außenhalbmesser.

Entsprechend ist auch in die Wirkungsgradformeln $\lambda_{id.}$ und $R_{id.}$ statt λ_0 und R_0 einzusetzen. Man erhält z. B. den induzierten Wirkungsgrad an beliebiger Stelle zu

$$\eta_{i_r} = \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon}{2\lambda_{id.}}\left(1 - \frac{r}{R_{id.}}\right)},$$

ferner den Mittelwert des induzierten Wirkungsgrades zu

$$\eta_i = \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon}{2\lambda_{id.}}(1 - {}^2/_3\, \xi\, x)}.$$

Die Anwendung der Ergebnisse auf die Formgebung der Luftschraube erfolgt in derselben Weise, wie in der gemeinsam mit Prof. Th. v. Kármán verfaßten Arbeit[1]) angegeben.

Man erhält mit den dort verwendeten Bezeichnungen schließlich

$$\frac{c_a\, t}{2\, r\, \pi} = \frac{2\,\varepsilon}{\eta_a\, \lambda_{id.}}\, \varkappa\, \frac{\sigma_{red.}}{\sigma}\, \frac{1 - \frac{r}{R_{id.}}}{1 - \varepsilon \operatorname{tg} \beta_r'}\, \frac{\sin^2 \beta_r \cos \beta_r'}{\cos^2 (\beta_r' - \beta_r)} \quad (18),$$

wo c_a den Auftriebbeiwert des verwendeten Profils und t die Gesamttiefe aller auf dem betreffenden Halbmesser arbeitenden Schraubenelemente bedeuten. Da der Auftriebbeiwert c_a durch die Forderung, daß jedes Element mit der günstigsten Profilgleitzahl ε arbeitet, bestimmt ist, so erhält man unmittelbar aus dieser Gleichung für jeden Abstand vom Schraubenmittelpunkt die Schraubenblattbreite.

Die zeichnerische Ermittlung der zusätzlichen Geschwindigkeiten, der Wirkungsgrade sowie der effektiven und induzierten Steigungswinkel kann nach Abb. 6 und 7 erfolgen. Die Schubverminderung an den Flügelenden infolge der endlichen Flügelzahl ist dabei allerdings nicht berücksichtigt.

Zusammenfassung.

Die Verluste, die beim Betrieb der Luftschraube entstehen, setzen sich zusammen aus den induzierten Strömungsverlusten und den Luftreibungsverlusten. Diese Verluste erreichen bei einer bestimmten Verteilung des Schubes über die Schraubenkreisfläche einen Kleinstwert. Dabei ergibt sich ein günstiger Außen- und Nabenhalbmesser. Die günstigste Schubverteilung bietet die Grundlage für die Formgebung — nämlich für Ermittlung der Blattbreite und Steigung — der Luftschraube.

[1]) a. a. O.

Entwurfsverfahren.

Gegeben sei der Schraubenschub, der Durchmesser, die Fluggeschwindigkeit sowie die Schraubendrehzahl. Zunächst wird nach Gl. (13a), (15) und (16) der günstigste Fortschritts- und Wirkungsgrad ermittelt. Der günstigste Fortschrittsgrad wird im allgemeinen nicht mit dem effektiven — d. i. dem Verhältnis von Fluggeschwindigkeit zur Umfangsgeschwindigkeit der Flügelspitzen — übereinstimmen.

In diesem Falle berechnet man mit Hilfe von Gl. (17) den ideellen Fortschrittsgrad ($\lambda_{id.} = x\, \lambda_{eff.}$).

Mit dem induzierten Fortschrittsgrad ist auch der induzierte Wirkungsgrad und weiterhin der induzierte Steigungswinkel für jeden Halbmesser gegeben.

Damit sind alle zur Berechnung der Blattbreite nach Gl. (18) erforderlichen Größen bekannt.

Nachtrag.

In der des öfteren erwähnten Arbeit: Zur Theorie der Luftschrauben (Z. S. Bd. 68 (1924) Nr. 48 und 51) sind mehrere Druckfehler bei der Korrektur übersehen worden.

Gl. (17), Seite 1239 muß lauten:

$$\zeta_r = \frac{1 - \varepsilon\, \lambda_r'}{1 + \frac{\varepsilon}{\lambda_r'}}.$$

Weiterhin ist der Abszissenmaßstab in Abb. 16. Seite 1315 mit $\frac{1}{\pi}$ zu vervielfachen; er lautet also: $\frac{R - r}{2\,\pi\, R}\, \frac{Z}{\sin \beta}$. Schließlich sei noch bemerkt, daß die Profilbeiwerte c_a, c_w und ε für Flügel von unendlicher Spannweite gelten. In c_w ist also nur der Profilwiderstand enthalten. Dementsprechend sind daher z. B. die neueren Göttinger Modellmessungen, die an Modellen mit einem Seitenverhältnis 1 : 5 ausgeführt wurden, in bekannter Weise[2]) umzurechnen.

Es ergibt sich (bei unendlichem Seitenverhältnis) für die neuen Anstellwinkel

$$i_{(\infty)} = i_{(1:5)} - \frac{1}{5}\, \frac{c_a}{\pi},$$

für die Widerstandsbeiwerte

$$c_{w(\infty)} = c_{w(1:5)} - \frac{1}{5}\, \frac{c_a^2}{\pi},$$

für die Gleitzahlen

$$\varepsilon_{(\infty)} = \varepsilon_{(1:5)} - \frac{1}{5}\, \frac{c_a}{\pi}.$$

[B 399]

[2]) Siehe z. B. Ergebnisse der Aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen. I. Lieferung, 1921, S. 37.

Die Bedeutung des Kaiser-Wilhelm-Kanals.

Am 21. Juni jährt sich der Tag zum 30. Mal, an dem Kaiser Wilhelm II. den Schlußstein zum Bau des Kaiser-Wilhelm-Kanals legte und hiermit diesen größten und wichtigsten aller deutschen Kanäle dem Weltverkehr übergab.

Der Kaiser-Wilhelm-Kanal diente vor und während des Krieges hauptsächlich als Verbindungsstraße zwischen den beiden Reichskriegshäfen Wilhelmshaven und Kiel. Dieser wichtige Zweck hat heute seine Bedeutung verloren. Die wirtschaftliche Bedeutung des Kanals steht heute im Vordergrund. Sie ergibt sich aus dem Umstand, daß Reisen von und nach der Ostsee bei Benutzung des Kanals je nach der Lage des Ausganghafens zum Kanal um 180 bis 425 Seemeilen abgekürzt werden, was einer reinen Zeitersparnis von etwa 20 bis 48 h entspricht.

Die große Bedeutung des Kaiser-Wilhelm-Kanals für die Schiffahrt wird am besten durch die ständige Zunahme des Kanalverkehrs bewiesen. Der Jahresverkehr, der in der bei der Vorlage des Gesetzentwurfs für den Kanal im Reichstag überreichten Denkschrift auf 18 000 Schiffe mit 5 500 000 N.-R.-T. geschätzt wurde, ergibt sich aus der nachstehenden Zusammenstellung:

Rechnungsjahr	Anzahl der Schiffe	N.-R.-T.	Rechnungsjahr	Anzahl der Schiffe	N.-R.-T.
1896	19 669	1 848 458	1909	38 547	6 527 698
1897	23 108	2 469 795	1910	45 569	7 579 339
1899	26 279	3 488 767	1911	52 817	8 427 261
1901	30 161	4 258 301	1912	57 366	9 924 237
1906	33 158	5 968 125	1913	53 382	10 349 929
1907	34 998	6 423 441	1914 (Krieg!)	27 395	4 227 513
1908 (Bauj.!)	32 576	5 853 114	1915	16 208	3 944 930
1917	18 597	5 505 528	1921	32 552	9 384 639
1918	15 929	4 720 132	1922	42 845	13 972 444
1919	18 991	4 423 325	1923	40 622	14 791 549
1920	25 877	9 062 190	1924	45 863	14 072 215

Die Übersicht zeigt, daß der Schiffsverkehr vor dem Kriege stetig stieg. Während des Krieges konnte die Schiffahrt im Kanal nur sehr gering sein, da er nur für deutsche oder neutrale, zwischen deutschen Häfen verkehrende Handelsschiffe geöffnet war. Auch nach dem Kriege stand der Schiffsverkehr noch unter der Einwirkung und unter den Folgeerscheinungen des Krieges. Bald trat aber ein erheblicher Umschwung ein, der Schiffsverkehr im Kanal nahm in ungeahnter Höhe zu und steigt wieder stetig. Es ist hierbei die erfreuliche Tatsache festzustellen, daß in den letzten drei Betriebsjahren 1922 bis 1924 die besten Verkehrsergebnisse aus der Vorkriegszeit weit überholt worden sind. Die Ursache der starken Zunahme des Kanalverkehrs liegt darin, daß nach dem Kriege Deutschland und die osteuropäischen Länder (Polen, Rußland, Finnland, Lettland) mit Lebensmitteln und Waren aller Art versorgt werden mußten.

Durch die großzügige, unter außerordentlichem Kostenaufwand durchgeführte Erweiterung des Kaiser-Wilhelm-Kanals gestattet er jetzt auch den größten Seeschiffen die Durchfahrt. Der Kanal ist rd. 100 km oder 53 Seemeilen lang. Die Breite der Kanalsohle beträgt 44 m, die Wassertiefe etwa 11,5 m, die Wasserspiegelbreite 103 m. Der Kaiser-Wilhelm-Kanal darf bestimmungsgemäß heute von Schiffen aller Staaten bei Tag und Nacht, u. zw. solchen bis 9,5 m Tiefgang, 40 m Breite, 315 m Länge und 40 m Masthöhe benutzt werden. [N 623] Willy Neitzel.

Eisenbeton-Nomogramme ohne logarithmische Teilungen.

Von Dr.-Ing. Felix Kann, Wismar i. M.

Es wird zunächst ganz allgemein gezeigt, wie man durch Anwendung eines von R. Soreau angegebenen Verfahrens mittels des sogenannten Fluchtlinienkreuzes Nomogramme, ohne logarithmische Leitern herstellen kann. Als Beispiele sind einige bekannte Formeln der Eisenbetonrechnung herangezogen.

Nomogramme oder Fluchtlinientafeln werden oft mit Hilfe logarithmischer Teilungen hergestellt. So ist z. B. von R. Jacki ein einfaches Verfahren[1]) veröffentlicht worden, das ermöglicht, mittels des sogenannten „Weiserkreuzes" aus drei gegebenen veränderlichen Größen eine vierte Veränderliche zu ermitteln. Dabei werden, um auf die Grundgleichung

$$a - b = k(c - d) \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

zu gelangen, logarithmische Teilungen erforderlich.

Man kann aber dieses Verfahren noch vereinfachen und ohne Logarithmenteilungen auskommen, wenn man, wie schon von R. Soreau[2]) in seinem grundlegenden Werke gezeigt wird, von nachstehender Gleichung ausgeht:

$$\frac{f_1(x_1) - f_2(x_2)}{g_1(x_1) - g_2(x_2)} = \frac{f_3(x_3) - f_4(x_4)}{g_3(x_3) - g_4(x_4)} \quad \ldots \quad (2).$$

$f(x)$ und $g(x)$ sind hierin irgendwelche, ganz beliebige Funktionen der Veränderlichen x_1 bis x_4. Faßt man die Zähler der Brüche als Ordinatenunterschiede, die Nenner als Abszissenunterschiede eines rechtwinkligen Koordinatensystems auf, so drückt Gl. (2) aus, daß die Verbindungsgrade zwischen je einem Punkt der Punktreihen x_1 und x_2 parallel zu der Verbindung zwischen je einem Punkt der Reihen x_3 und x_4 ist, denn die Brüche links und rechts vom Gleichheitszeichen stellen nichts andres vor als die Tangente des Richtungswinkels der Verbindungsgeraden.

Denkt man sich nun das rechtwinklige Achsensystem für die rechte Seite der Gleichung um 90° gedreht, so wird durch die obige Gleichung ausgesprochen, daß die beiden erwähnten Verbindungsgeraden (zwischen x_1 und x_2 einerseits und x_3 und x_4 anderseits) nicht mehr parallel sind, sondern auf einander senkrecht stehen.

Die Abb. 1 zeigt nun die Form einer Tafel mit Punktreihen für Gl. (2) mit den vier Veränderlichen x_1, x_2, x_3 und x_4; bei dieser Tafel sind durch je vier Punkte (A, B, C, D), die auf zwei zueinander senkrechten Geraden — dem Fluchlinienkreuz[3]) — liegen, vier die Gleichuhg (2) befriedigende Werte der Veränderlichen festgelegt. Diese Art der Ablesung ist bequemer als mit zwei parallelen Linien.

[1]) Vergl. Nomographie in der Eisenbetonrechnung. „Beton und Eisen" Bd. 23 (1924) Heft 7.

[2]) Vergl. R. Soreau, Nomographie ou traité des abaques, E. Chiron, Paris, 1921, s. a. P. Werkmeister, Das Entwerfen von graph. Rechentafeln, Julius Springer, Berlin 1923. S. 168 bis 170. Verfasser verdankt Herrn Obering. H. Schenkel, Rostock, die Anregung zur nachstehenden Lösung.

[3]) „Fluchtlinienkreuz" wird hier anstatt „Weiserkreuz" (Luckey) gebraucht. Werkmeister verwendet den Ausdruck „Zweistrahl".

Abb. 1. Nomogramm mit Fluchtlinienkreuz.

Wie im folgenden gezeigt wird, kann man bei einiger Übung mit Leichtigkeit eine große Anzahl von Formeln auf die Form von Gl. (2) bringen, so daß man also ohne Logarithmierung ein Nomogramm mit „Fluchtlinienkreuz" erhält.

So z. B. kann man die Beziehung zwischen den vier Veränderlichen

$$\frac{x}{y} = \frac{z}{u} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

auch schreiben:

$$\frac{x - 0}{0 - y} = \frac{z - 0}{0 - u} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (4)$$

Mit Bezug auf die Bezeichnungen in Gl. (2) stellt die Punktreihe x_1 (für die die Ordinate x und die Abszisse 0 ist) eine lineare Teilung auf der Ordinatenachse dar, ebenso die Punktreihe x_2 eine lineare Teilung auf der Abszissenachse; schließlich sind auch die Punktreihen x_3 und x_4 durch lineare Leitern auf den um 90° gedrehten Achsen dargestellt, Abb. 2. Man erhält also hier eine besondere Form der in Abb. 1 dargestellten Tafel, bei der die Träger der Leitern zu einander senkrechte Gerade sind. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß man, um das Zeichenblatt entsprechend auszunutzen, die zusammengehörigen Leitern z und u auch durch Parallelverschieben oder Drehen um 180° an irgend einer andern Stelle der Zeichenfläche unterbringen kann, da sich hierdurch die Richtung der einen Fluchtlinie des Kreuzes nicht ändert. Dies ist in Abb. 2 durch die gestrichelten Leitern für z und u angedeutet, auch später, z. B. in Abb. 6, ist hiervon Gebrauch gemacht.

Um Gl. (3) auf die Grundform (1) von Jacki zu bringen, hätte es einer beiderseitigen Logarithmierung bedurft, wodurch man erhalten hätte:

$$\log x - \log y = 1 \cdot (\log z - \log u) \quad \ldots \ldots \quad (1a)$$

Der Faktor k in Gl. (1) ist hier 1, im übrigen sind alle vier Leitern hier logarithmisch, wogegen bei der Behandlung nach Gl. (4) nur lineare Leitern vorkommen.

Das Fluchtlinienkreuz ist in Abb. 2 und den folgenden Abbildungen zum besseren Verständnis für ein Zahlenbeispiel einpunktiert worden.

Es sollen nun einige bekannte Formeln aus der Theorie des Eisenbetons und der Statik behandelt und durch Nomogramme mit Fluchtlinienkreuz veranschaulicht werden.

In Abb. 3 ist eine Fluchtlinientafel für die Bemessung von Eisenbetonquerschnitten für zentrischen Druck (Säulen) angegeben.

Die Gleichung

$$F_b = \frac{P}{\sigma_b (1 + 15\,\varphi)} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (5)$$

Abb. 2. Einfaches Beispiel für ein Nomogramm mit Fluchtlinienkreuz.

Abb. 3. Bemessung längsbewehrter Säulen für zentrischen Druck.

worin φ das Bewehrungsverhältnis vorstellt, läßt sich in die folgende Form bringen:

$$\frac{F_b + 0}{0 + \frac{1}{\sigma_b}} = \frac{P + 0}{1 + 15\,\varphi} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (5a)$$

Aus dieser Darstellung läßt sich die Fluchtlinientafel nach früherem ohne Schwierigkeit anfertigen.

Auch die Formel zur Berechnung spiralbewehrter Säulen kann in ähnlicher Weise gelöst werden. Die erforderliche Kernfläche ist

$$F_k = \frac{P}{\sigma_b\,(1 + 15\,\varphi + 45\,\alpha\,\varphi)} \quad \ldots \ldots \quad (6),$$

worin φ wieder das Bewehrungsverhältnis für die Längsbewehrung und $\alpha = \frac{F_s}{F_e}$ das Verhältnis der Spiralbewehrung zur Längsbewehrung darstellt. Setzt man $1 + 3\,\alpha = \beta$, so kann man auch schreiben:

$$F_k = \frac{P}{\sigma_b\,(1 + 15\,\varphi\,\beta)} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (6a)$$

oder:

$$\frac{F_k + 0}{0 + \frac{1}{\sigma_b}} = \frac{P + 0}{1 + 15\,\varphi\,\beta} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (6b)$$

Die Größe α schwankt zwischen null und 3, daher β zwischen 1 und 10, φ dagegen nur zwischen 0,008 und 0,03. Man wird daher für die in Betracht kommenden Zahlenwerte von φ gleich 0,8, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 und 3,0 vH der Reihe nach je ein Nomogramm zeichnen, das genau die gleiche Form wie Abb. 3 hat, mit dem Unterschiede, daß anstatt der Veränderlichen φ nun die Veränderliche β auftritt. Es wird meist genügen, für die am häufigsten vorkommenden Verhältnisse φ gleich 0,8, 1,0, 1,5 und 2,0 je eine Tafel zu zeichnen. Von der Darstellung dieser Tafeln ist hier Abstand genommen.

Auch die im Eisenbetonbau in Süddeutschland häufig verwendete Formel für die zulässige Knickspannung

$$\sigma_b' = \frac{\sigma_b}{1 + \alpha\,\lambda^2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (7)$$

kann durch ein Nomogramm derselben Form wie die beiden oben besprochenen dargestellt werden. α ist für Eisenbeton stets gleich 0,0001 und $\lambda = \frac{l}{i}$ der Schlankheitsgrad.

Die Anwendung von Fluchtlinientafeln mit logarithmischen Teilungen würde in allen diesen Fällen versagen, da sämtliche Gleichungen nicht von logarithmischer Form sind. Es kann jedoch Fälle geben, bei denen die Lösung in der angegebenen Weise entweder gar nicht zum Ziele führt oder doch sehr ungenau wird. Wollte man z. B. die Formel für den Abstand zwischen Zug- und Druckmittelpunkt eines einfach-bewehrten Rechteckquerschnittes bei gegebenen Werten σ_b und σ_e (Betondruck- und Eisenzugspannung) und der Nutzhöhe h'

$$z = h'\,\frac{10\,\sigma_b + \sigma_e}{15\,\sigma_b + \sigma_e} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (8)$$

nach unserm Verfahren behandeln, so ergeben sich für σ_b und σ_e zwei gradlinige Leitern, die einen sehr stumpfen Winkel mit einander einschließen, also annähernd in eine Gerade fallen. Die Lösung wird daher hier sehr wenig genau.

Das folgende Beispiel aus der Eisenbetonstatik ist deshalb besonders bemerkenswert, weil hier die Punktreihen x_3 und x_4 von Gl. (2) durch eine Kurve dargestellt werden[1]). Für den geschlossenen Rechteckrahmen, Abb. 4, mit der gleichmäßig verteilten Belastung p und den Seitenlängen b und l, rechteckige Silozelle, erhält man bekanntlich das Eckmoment zu:

$$M_E = -\frac{p}{12} \cdot \frac{b^3 + l^3}{b + l} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (9)$$

oder

$$\frac{12\,M_E - 0}{0 - p} = \frac{b^3 + l^3}{b + l} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (9a).$$

Abb. 5 veranschaulicht die zugehörige Fluchtlinientafel, bei der die Punktreihen b und l durch den positiven und negativen Ast einer kubischen Parabel gekennzeichnet sind. Dabei ist es ganz gleichgültig, welchen Ast man für b und welchen für l nimmt, da in Gl. (9) b und l vertauschbar sind. (Bei Vertauschung von b und l erhält man nämlich, wie Abb. 5 zeigt, zu einander parallele Fluchtlinien.)

Etwas anders gestaltet sich die Lösung dieser Aufgabe, wenn Gl. (9) so geschrieben wird, wie sie auch in För-

[1]) In dem erwähnten Werke von Soreau ist in Bd. 2, S. 32 und 33 mit der Gleichung für den Inhalt eines Kegelstumpfes ein ganz ähnlicher Fall eines Nomogrammes behandelt:

$$J = \frac{\pi\,h}{3}\,(R^2 + R\,r + r^2) = \frac{\pi\,h}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{R - r}$$

Abb. 4 und 5. Rechteckige Silozelle: Ermittlung der Eckmomente.

Abb. 6. Rechteckige Silozelle; Berechnung der Eckmomente.

s t e r s Taschenbuch für Bauingenieure 4. Auflage 1. Band S. 1008 gebracht wird:

$$M_E = -\frac{p\,l^2}{12} \cdot \frac{1+\varrho^3}{1+\varrho} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9b),$$

worin $\varrho = \frac{b}{l}$ und stets kleiner als eins ist, oder mit

$$K_e = -\frac{12\,(1+\varrho)}{1+\varrho^3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

$$M_E = \frac{p\,l^2}{K_e} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11).$$

Abb. 6 vereinigt die beiden Nomogramme von Gl. (10) und (11). Die umgeformten Beziehungen lauten:

$$\frac{K_e - 0}{0 - 12} = \frac{1+\varrho}{1+\varrho^3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10a)$$

und

$$\frac{M_E - 0}{0 - p} = \frac{l^2 - 0}{0 - K_e} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11a).$$

Die Leiter für K_e kann hier unter Umständen ganz wegfallen und durch eine sogenannte Z a p f e n l i n i e[1]) ersetzt werden. Die Beibehaltung der Leiter hat aber immerhin den Vorteil, daß man jederzeit weiß, mit welchem Faktor man das Eckmoment ermittelt hat. Zwei Punktreihen sind hier zu den Punkten P und Q zusammengeschrumpft, während die Leiter für ϱ wieder eine kubische Parabel ist. Die Punkte P und Q läßt man zweckmäßigerweise zusammenfallen, dann kommt das Linienkreuz mit dem Schnittpunkt darüber zu liegen, oder man kommt mit einem einzigen Strahl aus, wenn man die Koordinaten auf e i n e r Seite des Gleichheitszeichens, Gl. (10a), mit einander vertauscht, das heißt das Koordinatensystem einseitig um 90° dreht, siehe Abb. 6. Man überzeugt sich leicht, daß für $\varrho = 0{,}5$ die Fluchtlinie die Kurve berührt ($K_e = -16$).

[1]) Man versteht unter Zapfenlinien Hilfsgerade, die keine Teilung und Bezifferung tragen, an denen vielmehr „Hilfsfluchtpunkte" mit Bleistift markiert werden, um von diesen aus neue Fluchtlinien zu ziehen.

Abb. 7 und 8. Durchlaufender Balken mit zwei und drei Öffnungen.

Abb. 9. Biegungsmomente mittels der Winklerschen Zahlen für drei gleiche Öffnungen.

Ganz ähnlich wie die eben behandelte Aufgabe lassen sich auch die Gleichungen zur Ermittlung des S t ü t z e n m o m e n t e s d e s d u r c h l a u f e n d e n T r ä g e r s mit zwei beliebig langen Feldern und gleichmäßig verteilter Belastung und des Trägers mit drei Feldern, von denen die beiden äußeren gleiche Spannweiten haben, durch Fluchtlinientafeln darstellen.

Die Gleichung lautet im ersten Falle, Abb. 7,

$$M_a = -\frac{q_1}{8}\,\frac{l_1^3 + a\,l_2^3}{l_1 + l_2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

und im zweiten, Abb. 8,

$$M_a = -\frac{q_1}{4}\,\frac{l_1^3 + a\,l_2^3}{2\,l_1 + 3\,l_2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (13),$$

worin für beide Fälle $a = \frac{q_2}{q_1}$ ist. Man kann nun entweder die Formeln unmittelbar nomographisch darstellen, indem man für a bestimmte Werte der Reihe nach einsetzt und somit für die vierte Zahlenreihe (x_4) von Gl. (2) eine

Abb. 10. Lastverteilung für die kreuzweise bewehrte Deckenplatte von rechteckigem Grundriß mit den Spannweiten l_1 und l_2.

Kurvenschar von kubischen Parabeln erhält, oder aber man schreibt:

$$M_a = \frac{q_1 l_2^2}{K} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

und

$$K = -\frac{8(\beta+1)}{\beta^3 + a} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

bezw.

$$K = -\frac{4(2\beta+3)}{\beta^3 + a} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16).$$

Hierin ist a wie früher $= \frac{q_2}{q_1}$ und $\beta = \frac{l_1}{l_2}$. Man erreicht hierdurch den Vorteil, daß β hier nur zwischen engen Grenzen schwankt, nämlich zwischen null und eins, da auch bei drei Feldern die Endfelder immer kleiner oder höchstens gleich dem Mittelfeld sind, während bei der ersten Lösung l_1 und l_2 selbst in das Nomogramm eingehen und alle möglichen Werte annehmen können.

Die Leiter für K kann man wieder durch eine Zapfenlinie ersetzen, wenn man die beiden Tafeln der Gl. (14) und (15) in eine Tafel vereinigt. Von einer Darstellung der Tafeln ist hier zwecks Raumersparnis Abstand genommen, da man nach obigem ohne Schwierigkeit im Bedarfsfall eine solche Tafel selbst entwerfen kann. Auch die zeichnerische Ermittlung der größten Feld- und Stützenmomente durchlaufender Träger mit gleichen Feldweiten mittels der bekannten Winklerschen Zahlen ist nach vorstehendem sehr einfach.

Die betreffenden Gleichungen lauten:
Für das Endfeld von drei gleichen Öffnungen (g = ständige Last, p = bewegliche Last)

$$M_I = (0{,}08\, g + 0{,}10\, p)\, l^2 \quad \ldots\ldots \quad (17),$$

geschrieben:

$$\frac{M_I - 0}{0 - l^2} = \frac{0{,}08\, g + 0{,}10\, p}{0 - 1} \quad \ldots\ldots \quad (17a),$$

für das Mittelfeld

$$M_{II} = (0{,}025\, g + 0{,}075\, p)\, l^2 \quad \ldots\ldots \quad (18)$$

und für das Stützenmoment

$$M_{III} = -(0{,}100\, g + 0{,}117\, p)\, l^2 \quad \ldots\ldots \quad (19).$$

Die drei Fluchtlinientafeln hierfür kann man sämtlich in einer einzigen Tafel vereinigen, Abb. 9, indem man z. B. zwei Leitern doppelt beziffert und für die dritte Formel daneben an beliebiger Stelle im gegenseitigen Abstand der Längeneinheit die Leitern für g und p anträgt.

Sehr einfach gestaltet sich die Behandlung der Formel zur Berechnung kreuzweise bewehrter Platten von rechteckigem Grundriß. Nach den neuen amtlichen Vorschriften (s. „Der Bauingenieur" vom 25. März 1925) sind folgende Formeln maßgebend:

Die Gesamtbelastung ist aufzuteilen nach der Gleichung

$$\frac{q_1}{q} = \frac{l_2^4}{l_1^4 + l_2^4} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

oder mit $a = \frac{l_1}{l_2}$:

$$\frac{q_1 + 0}{0 + q} = \frac{0 + 1}{1 + a^4} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (20a),$$

ferner ist

$$q_2 = q - q_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (21).$$

a liegt dann zwischen den Grenzen null und eins. Diese Tafel zeigt Abb. 10. Für die Momentenermittlung gelten die Gleichungen (bei freier Auflagerung):

$$M_1 = \frac{1}{8}\, q_1 l_1^2 r_a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (22),$$

$$M_2 = \frac{1}{8}\, q_2 l_2^2 r_a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (23),$$

worin

$$r_a = 1 - \frac{5}{6}\, \frac{l_1^2\, l_2^2}{l_1^4 + l_2^4} \quad \ldots\ldots \quad (24),$$

was auch geschrieben werden kann $\left(\text{mit } a = \frac{l_1}{l_2}\right)$:

$$1 - r_a = \frac{5}{6}\, \frac{a^2 + 0}{a^4 + 1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (24a).$$

Von der Darstellung dieses Nomogramms ist abgesehen worden, es ist einleuchtend, daß hier für a eine krummlinige Leiter, und zwar eine gemeine Parabel auftreten wird.

Die Zahl der Formeln, die sich nach dem hier geschilderten Verfahren durch Fluchtlinientafeln auf sehr einfache Weise lösen lassen, ist hiermit nicht erschöpft[1]). Es werden aber diese wenigen Beispiele genügen, um den Leser in die Lage zu versetzen, gegebenenfalls derartige Tafeln selbst für den täglichen Gebrauch anzufertigen. Das Linienkreuz wird am besten auf ein Stück Pausleinwand oder auf ein Zelluloidtäfelchen aufgerissen. [B 414]

[1]) So z. B. brachte der Verfasser in Heft 9 der Zeitschrift „Beton und Eisen" vom 5. Mai 1925 eine nomographische Lösung der Kubischen Gleichung mittels des Fluchtlinienkreuzes.

Ortbewegliche Rohrumwickelmaschine für die Baustelle.

Von den zahlreichen Verfahren, die Lebensdauer von in den Boden verlegten schmiedeisernen und stählernen Rohren durch einen äußeren Schutz zu verlängern, haben sich die meisten als nicht überall anwendbar erwiesen. Insbesondere hat es bisher an einem brauchbaren Verfahren gefehlt, die Rohre auf der Baustelle mit einer Schutzumwicklung zu versehen. Vor kurzem ist nun durch die Pacific Gas & Electric Company in Kalifornien beim Bau einer Gasleitung von 15,2 cm Dmr. eine fahrbare Maschine zum Umwickeln der nach dem Verlegen mit Grundwasser sehr nahe in Berührung kommenden Rohre angewendet worden. Die zu umwickelnden Rohre werden in der Achsrichtung eines Rades durch von diesem getriebene umlaufende Scheiben festgehalten, gedreht und gleichzeitig vorwärts bewegt. Durch die Bewegung der Rohre durch die Maschine wird die Stoffumhüllung schraubenförmig aufgewickelt. Bevor die Hülle aufgebracht wird, wird sie durch ein Gefäß mit auf etwa 191 °C erhitztem Asphalt gezogen, so daß der flüssige Asphalt die Schutzhülle auf beiden Seiten tränkt und die Zwischenräume des Stoffes füllt. Es entsteht also ein dreifacher wasserdichter Überzug aus Asphalt, Stoff und wieder Asphalt.

Die Maschine ist fahrbar und kann überall dahin gebracht und dort mit Vorteil benutzt werden, wo lange Rohrleitungen zu verlegen sind. Vor allem für Stahlrohre, die im Untergrund besonderen Angriffen ausgesetzt sind, dürfte diese Maschine eine für lange Dauer wirksame Schutzumwicklung gewährleisten. („Management and Administration" Bd. 9 (1925) Nr. 2.)

[N 499] Bu.

RUNDSCHAU.

Aus dem Ausland.

Eisenbahnwesen.

Ablaufberge mit Gefälländerung.

Auf dem Bahnhof Detroit der Pennsylvania-Detroit-Eisenbahn ist eine neue Vorrichtung eingebaut worden[1]), die ermöglicht, die Neigung auf dem Rücken des Ablaufberges der verschiedenen Einwirkung der Witterung, des Wagengewichtes, der Bauart der Wagen usw. entsprechend derart zu ändern, daß die ablaufenden Wagen mit der gewünschten Geschwindigkeit über die anschließende Wage hinweg in die Weichenstraße gelangen. Nach den zwischenstaatlichen Vorschriften der amerikanischen Handelskommission soll die Geschwindigkeit der Fahrzeuge auf der Wage 4 km/h nicht überschreiten und jeder Wagen wenigstens 3 Sekunden lang ganz allein auf der Wage bleiben. Die Anordnung in Detroit ist so, daß die Zufahrrampe von der Empfangseite des Bahnhofes her einen mechanischen Teil enthält, eine Brücke von 13,7 m Länge, die in der Regel in einer Neigung von 1 : 100 liegt. In unmittelbarer Verbindung schließt sich der Rampenbrücke eine Wage von 18,9 m Länge und 0,8 vH Neigung an. Daran schließen sich fallende Neigungen von 0,8 vH auf 61 m, weiter 3 vH auf 30,4 m und dann die Verteilgleise mit 1 vH. Die erste Weiche ist etwa 76 m entfernt. Durch die mechanische Vorrichtung kann die Ablaufneigung von 1 vH auf 3 vH erhöht werden. Bei der ersten Vorrichtung dieser Art, die in West Brownsville Junction des Monongahela-Abschnittes der Pennsylvania-Eisenbahn ungefähr 14 Jahre im Betrieb gewesen ist, besteht die Rampenbrücke aus zwei Teilen. Einige dabei zutage getretene Schwierigkeiten wurden bei der neuen Anlage in Detroit dadurch vermieden, daß die Brücke in drei Teile zerlegt worden ist. Der mittlere 2,71 m lange Teil bildet den Scheitel des Rückens. Er liegt stets wagerecht und bewegt sich senkrecht zwischen festen Führungen an den Wänden der Grube. Die beiden Endteile *a* der Brücke ruhen auf Gelenklagern *b* und sind 4,5 m auf der ansteigenden Seite, 6,3 m auf der abfallenden Seite nach der Wage hin lang, Abb. 1. Das Heben und Senken geschieht durch Schraubenwinden- und Handantrieb mit Hebelübertragung in der Grube. Jeder Teil der Brücke besteht aus zwei I-Trägern, die ein gußeisernes Querstück tragen. Die Abdeckung wird durch eiserne Querträger getragen und ist mit Asphaltpflaster belegt.

In Deutschland hat man bekanntlich die Regelung der ablaufenden Wagen beim Verschiebedienst durch eine Vorrichtung, die dem Wagen eine Zusatzbeschleunigung gibt, wobei eine umlaufende, durch Motor bewegte Kette an den Radkränzen angreift (Bauart Pösentrup), versucht, oder auf dem umgekehrten Wege, indem die Neigung des Ablaufberges stark gewählt wird und die überschüssige Geschwindigkeit der Wagen durch Gleisbremsen abgebremst wird. Zwei Arten solcher Gleisbremsen, die von Dr. Jordan mit Druckluft und die von Dr. Frölich mit Wasserdruck betriebene, werden zur Zeit versuchsweise bei der Reichsbahn betrieben[2]). [M 299] Bu.

Stahlauswahl im Eisenbahnfahrzeugbau und im Oberbau.

Infolge des Anwachsens des Güterverkehrs wurden in Amerika früher als bei uns Großgefäßwagen von 50 bis 100 t Frachtleistung verwendet. Die gewaltige Steigerung der Achslasten, die hierdurch bedingt wird, hat im Fahrzeugbau und im Oberbau konstruktiv umwälzend gewirkt und zur Verwendung hochwertiger Werkstoffe geführt. Das Verständnis der Amerikaner für die Bedeutung der Werkstoffragen bei der Neufertigung und den Unterhaltungsarbeiten kennzeichnet, daß sie eigens eine wissenschaftlich-technische Gesellschaft für Stahlbehandlung ins Leben gerufen haben, und daß hier Eisenhüttenleute und Maschinenbauer der an Lieferungen für die Eisenbahn beteiligten Industrien im Verein mit unparteiischen Werkstoffprüfern sich zu einer Arbeitsgemeinschaft zusammenfinden, um aus dem Werkstoff bei den Fahrzeugen und dem Oberbau der Eisenbahn die Höchstleistungen in technischer und wirtschaftlicher Beziehung herauszuschälen. Die Sitzung dieser Gesellschaft im Dezember 1924 hat die Wandlung in den Werkstoffanforderungen, die das Eisenbahnwesen in den letzten dreißig Jahren erfahren hat, in einigen Vorträgen, die von erfahrenen Fachleuten übernommen waren, behandelt[3]).

Das Lokomotivgewicht ist von 57 auf 176 t gestiegen, dementsprechend der Raddruck von 6½ t auf 16 t. Diesem genügen heute im Osten der Vereinigten Staaten Schienenprofile von 57 bis 62 kg, im Westen solche von 41 bis 50 kg auf 1 m Schienenlänge. Die Schienenlänge beträgt jetzt allgemein annähernd 12 m. Zwei verschiedene Sorten von Profilen kommen zum Verlegen, solche mit hohem Kopf und verhältnismäßig geringer Steghöhe und solche mit breitem, jedoch niedrigem Kopf und hohem Steg. Diesen wird besonders gute Durchwalzung des Kopfes nachgesagt. Der hohe Kostenaufwand bei dem Beschaffen der Schienen ist durch die erzielte Wirtschaftlichkeit bei der Unterhaltung vollkommen ausgeglichen. Die Schienenstöße werden unterstützt angeordnet. Jeder Stoß ruht auf drei Schwellen. Die Laschen haben eine Länge von nahezu 1 m. Das Einschlagen der Schienenkopfenden im mittleren Laschenteil ist fast vermieden. Der Werkstoff der Schienen ist Siemens-Martin-Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,7 bis 0,8 vH. Der Siliziumgehalt ist von 0,1 vH allmählich auf 0,2 vH angewachsen. An den Reinheitsgrad einschließlich der Einschränkung der Seigerungen werden ähnliche Forderungen wie bei Radreifen gestellt und erfüllt. Die aus dem Kopf der Blöcke stammenden Schienen werden im Walzwerk abgesondert und von den Eisenbahn-Gesellschaften zum Einbau in Strecken mit einfachen Betriebsverhältnissen übernommen. Den Bruchursachen im Betrieb wird sorgfältig nachgegangen. Die Werkstoffehler liegen zumeist im Kopf der Schienen, selten im Steg oder Fuß. Einige Walzwerke liefern fehlerfreies Erzeugnis, das auch für schwereren Betrieb geeignet ist. Von besonderer Bedeutung sind zurzeit die Untersuchungen und Maßnahmen zum Verringern der Abnutzung der Fahrfläche. Das regelrechte Härten von Schienen mit mäßigem Kohlenstoffgehalt hat sich nicht bewährt. An gewöhnlichen Schienen mit oben erwähntem hohem Kohlenstoffgehalt hat der Verschleiß des Schienenkopfes nach acht Jahren schweren Betriebs im Mittel eine Tiefe von 2,3 mm erreicht. Viel verwendet wird bei der Schienenfertigung zurzeit das Sandberg-Verfahren, das im Schienenkopf durch Lufthärtung sorbitisches Gefüge hervorruft. Die Schienenfahrfläche wird aus der Rotglut, unmittelbar nach dem Auswalzen, durch Druckluft, die bisweilen auch mit Wasser vermischt ist, angeblasen und auf etwa 600 °C abgekühlt. Die Schienen erkalten dann in zugfreier Luft. Man verleiht dem Stahl durch diese Wärmebehandlung ähnlich wie beim Regelvergüten (Abschrecken aus Rotglut und Wiederanlassen auf etwa 600 °C) gegenüber dem Walzzustand erhöhte Festigkeit und Härte bei hohen Zähigkeitswerten. Die Amerikaner berichten von höherem Verschleißwiderstand der Sandberg-Schienen, die sie vorwiegend in Kurven und Weichen verlegt haben. Die bei weitem günstigsten Erfahrungen haben sie allerdings mit gegossenen Mangan-

[1]) Vergl. „Eng. News Record" Bd. 93 Nr. 7.
[2]) Sonderheft Eisenbahnwesen, VDI-Verlag, S. 240; s. a. Z. Bd. 68 (1924) S. 986.
[3]) Vergl. „The Iron Age" Bd. 114 (1924) S. 1685.

Abb. 1. Ablaufberg mit Gefälländerung.
a Endteile der dreigliedrigen Rampenbrücke *b* Gelenklager.

stahlschienen mit 12 vH Mangangehalt gemacht und an ihnen etwa zehnfach längere Lebensdauer erreicht. Ihre allgemeine Verwendung scheitert jedoch an ihrem hohen Preis und dem Unvermögen, sie durch andere Werkzeuge als Schleifmittel zu bearbeiten. Die Versuche mit legierten Stählen (Nickel, Chrom, Vanadium) sind wegen der hohen Kosten aufgegeben worden. Dem Kohlenstoffstahl wird von einigen Werken eine geringe Menge Kupfer zugesetzt, weil es einen gewissen Rostschutz bietet. Das Kleineisenzeug wird in ausgedehntem Maß in vergütetem Zustand, also nach hüttenmännischer Wärmebehandlung, bezogen. Laschen und Bolzen erreichen hierdurch eine Festigkeit an der Streckgrenze von 57 kg/mm², beim Bruch von 85 kg/mm². Durch den erhöhten Widerstand gegen Stoß und Abnutzung ist ihre Lebensdauer weit größer als die des im Walzzustand eingebauten Baustoffes. Bei Unterlagplatten und Schienennägeln wird außerdem eine geringe Menge Kupfer zugesetzt, offenbar aus dem gleichen Grund, wie zuvor bemerkt, um den Widerstand gegen Rostangriff zu erhöhen. Das aus Kühlwagen abrieselnde Salzwasser bedeutet für die Schienen ein höchst unerwünschtes und schädigendes Angriffsmittel. Man hat versucht, durch Ölen der Schienen in bestimmten Zeitabschnitten dem Unheil Einhalt zu tun. So wurden z. B. bei einer Gesellschaft im Jahre 1924 56 000 km Schienen geölt.

Im Lokomotivbau haben sich im Zeitraum des Berichts vorzugsweise die Abmessungen, weniger der Werkstoff geändert. Die Maße der Bleche, die im Kesselbau verwendet werden, sind von 4,75 × 2 m² bei 11 mm Dicke auf 6,7 × 2,25 m² bei 28 mm Dicke gestiegen. Als Werkstoff wird auch heute noch zumeist ein Flußstahl von 38 bis 46 kg/mm² Festigkeit mit einem Kohlenstoffgehalt unter 0,2 vH verwendet. Die Rahmen haben eine Länge von 14 m mit einem Gewicht von 10 t für ein Stück erreicht. Sie bestanden früher aus Schweißeisen, jetzt dagegen aus Stahlguß von 42 bis 49 kg/mm² Festigkeit, dessen Kohlenstoffgehalt etwa 0,17 vH beträgt. Große Neigung besteht, beide Rahmen und ihre Querverbindungen aus einem Stück zu gießen. Auch die Rahmenteile der Drehgestelle werden vielfach aus Stahlguß gefertigt. Das Gesamtgewicht der in einer Lokomotive eingebauten Stahlgußteile beläuft sich auf rd. 50 t.

Für die Federn verwenden die Amerikaner zumeist gewöhnlichen Kohlenstoffstahl mit etwa 1 vH Kohlenstoffgehalt, bei geringem Silizium- und Mangangehalt. Einige Gesellschaften bevorzugen bereits höheren Siliziumgehalt, von 0,5 vH. Genaueste Arbeit bei der Wärmebehandlung hat in den Federnschmieden in steigendem Maß Eingang gefunden. Die Schmiedestücke für die bewegten Teile, wie Achsen, Stangen, Zapfen, bestehen teils aus Flußstahl mit etwa 0,5 vH Kohlenstoffgehalt, teils aus legiertem Stahl mit Zusätzen von Chrom und Nickel oder Vanadium. Nach beendeter Warmformgebung findet stets besondere Wärmebehandlung statt, entweder Normalglühen (vergl. DIN 1606) oder Regelvergüten, dieses stets bei Teilen aus legierten Stählen, wodurch das Widerstandsvermögen gegen stoßartige Beanspruchung und gegen Dauerbiege-Wechselbeanspruchung erhöht wird und wodurch gegenüber unbehandelten Schmiedestücken an Gewicht gespart werden kann. Bemerkenswert ist hierbei die Anwendung der Wärmebehandlung bei der Fertigung der Stangen. Die Einrichtung für das Normalglühen kann jede Ausbesserwerkstatt sich leicht beschaffen. Die Regelvergütung findet zumeist nur in Hüttenwerken statt. Ausbesserwerke sind hierauf im allgemeinen nicht eingerichtet, und vergütete Teile würden durch Schmiedearbeit an Härte verlieren; daher wird das Normalglühen bevorzugt. Die Festigkeitswerte der Schmiedestücke lagen früher bei 59 kg/mm², jetzt bei 70 kg/mm².

Die Beschaffenheit des Lokomotivradreifenstahls ist abgestuft nach dem Verwendungszweck im Personenzug-, Güterzug- und Verschiebedienst. Der Kohlenstoffgehalt beträgt zugehörig 0,5 bis 0,7 vH, 0,6 bis 0,8 vH, 0,7 bis 0,85 vH, die Festigkeit 73, 80, 87 kg/mm². Die Gütewerte steigen also für abnehmende Rollgeschwindigkeit der Reifen. Für gewalzte Radkörper wird etwa gleicher Stahl wie für die Reifen der Güterzuglokomotiven genommen. Große Aufmerksamkeit und Sorgfalt ist der Untersuchung des Verhaltens von Festigkeit, Dehnung und Querschnittverminderung des Stahls bei verschiedenen Temperaturen gewidmet worden, desgleichen der Ermittlung der inneren Spannungen in Teilen, die bei der Herstellung mit verschiedenen Abkühlgeschwindigkeiten erkalten oder die im Betriebe große Kaltbearbeitung, z. B. durch hohen Raddruck, erleiden. Es scheint, daß die Amerikaner einsehen, daß ihr Lokomotivbau den zweckmäßigsten Grenzwert für den Raddruck, der bei ihren schwersten Typen 16 t erreicht, bereits überschritten hat. Wenigstens weisen sie darauf hin, daß die Berührungsfläche zwischen Rad und Schiene annähernd gleich bleibt, auch wenn der Lokomotivbau Lokomotiven mit größeren Leistungen und größeren Raddrücken entwickelt. Da den mechanischen Gütewerten des Werkstoffs von Rad und Schiene auch gewisse Grenzen gesetzt sind und der Verschleißwiderstand in der Verfestigungszone an den Laufflächen zur Höhe der Festigkeit an der Streckgrenze des Werkstoffs in naher Beziehung steht, gibt es für den Anpreßdruck in der Berührungsfläche zwischen Rad und Schiene, d. h. für den Raddruck, eine Grenze, die vom Eisenbahnbetriebsleiter beachtet werden muß, wenn er Wert auf wirtschaftliche Lebensdauer seiner Einrichtungen legt. Die Berichter schließen mit der Forderung, daß die Betriebsbedingungen des Werkstoffs in den eingebauten Teilen eingehend studiert und ihre Beziehungen zu seinen physikalischen Eigenschaften beachtet werden müssen.

Der Vergleich mit den Anforderungen an den Stahl im deutschen Eisenbahnwesen führt zu folgenden Bemerkungen:

Dem amerikanischen Höchstgewicht einer Lokomotive von 176 t steht für die schwerste deutsche Lokomotive der Bauart T 20 ein Gewicht von 127 t gegenüber. Den höchsten Raddruck hat bisher die P 10-Lokomotive mit 10 t; bei den künftigen Bauarten der Reichsbahn wird der Raddruck 12,5 t betragen. Sie bleibt damit hinter dem amerikanischen Wert von 16 t noch erheblich zurück und bleibt auch innerhalb derjenigen Grenze, welche Werkstoffbeschaffenheit und Berührungsfläche zwischen Rad und Schiene einer wirtschaftlichen Lebensdauer ziehen. Der Schienenstahl, für den bei uns z. Zt. noch eine Mindestfestigkeit von nur 60 kg/mm² gefordert wird, bleibt hinter den amerikanischen Ansprüchen um etwa 30 vH zurück. Dieser Zustand war begründet, solange unsere Raddrücke unter 8 t lagen. Nachdem wir mit Einführung der Großgüterwagen und der schweren Lokomotivbauarten auf einen Raddruck von 10 t übergehen, haben sich die deutschen Stahlwerke auch mit den Erzeugungsbedingungen für Schienen von 80 kg/mm² Mindestfestigkeit bei gewohnter Schlagfestigkeit vertraut gemacht und sind größere Versuchslieferungen eingegangen. Während der Ruhrbesetzung bot sich auch Gelegenheit, eine Versuchsmenge Sandberg-Schienen zu beziehen. Die bisher mit ihnen gemachten Erfahrungen haben die Erwartungen auf wesentlich höheren Verschleißwiderstand nicht erfüllt, doch ist die Beobachtung ihres Verhaltens noch nicht abgeschlossen. Unser Schienenprofil liegt bei einem Gewicht von 49 kg/m etwa in der Mitte zwischen den beiden amerikanischen, die Schienenlänge ist mit je 15 m größer. Die Beobachtung der Betriebseinflüsse auf den Verschleißwiderstand und die Beziehung der Gütewerte zu ihm wird bei uns mit mindestens gleicher Aufmerksamkeit verfolgt. Den Wert einer weiteren Feuerbehandlung des Kleineisenzeugs einschließlich der Laschen für die Verbesserung der Gütewerte und der Lebensdauer haben wir in der Altstoffwirtschaft beim Wiederauffrischen abgenutzter Teile erfahren. Die Anwendung einer vergütenden Wärmebehandlung bei der Neubeschaffung wird auch für die Belieferung der deutschen Bahnen geprüft werden müssen.

In den Anforderungen an Kesselblech und Stahlgußteile gehen wir etwa gleiche Wege wie die Amerikaner. Für Federstahl verwenden wir bei gleich hohen Leistungen einen Stahl mit etwas geringerem Kohlenstoffgehalt, jedoch hohem Silizium- und Mangangehalt und behalten damit den Vorteil der Wasserhärtbarkeit, während der hoch gekohlte Stahl zweckmäßiger in Öl gehärtet wird. Für Schmiedestücke ist bei uns Vergütung bei Kröpfachsen und Zapfen eingeführt, für glatte Achsen und Stangen wird bisher noch unvergüteter Kohlenstoffstahl mit 50 bis 60 kg/mm² Festigkeit verwendet. Die Aufnahme von normalgeglühten und vergüteten Stählen in die DIN-Blätter hat die Verwendung solchen Werkstoffs für Stangen und Achsen vorbereitet und auch zu Versuchen geführt. Ihre allgemeinere Verwendung ist angesichts der Forderungen, die der Betrieb an die Schwingungsfestigkeit stellt, nur eine Frage der Zeit. Großgüterwagen haben bereits Hohlachsen aus vergütetem Stahl erhalten. In den Anforderungen an Stahl für Lokomotivradreifen sind wir im ganzen etwas höher gegangen insofern, als die Mindestfestigkeit auf 80 kg/mm² festgesetzt und eine obere Grenze von 90 kg/mm² eingeführt worden ist, um gleichmäßigen Verschleiß der Reifen eines Fahrzeuges zu sichern.

Das organische Zusammenarbeiten der Erzeuger- und Verbraucherkreise für die Auswahl geeigneter Werkstoffe und die Entwicklung geeigneter Prüfvorschriften hat sich bei uns ebenfalls gut eingeführt. Da beide Teile über geeignete Einrichtungen verfügen und die Verwaltung der deutschen Bahnen eine einheitlichere ist als in Amerika, war es z. B. für die Deutsche Reichsbahn eine verhältnismäßig einfache Arbeit, die schwebenden Fragen in dem Normenausschuß der Deutschen Industrie, den Deutschen Fahrzeugbauverbänden und den zuständigen Stellen des Vereines Deutscher Eisenhüttenleute zu lösen.

[N 443] Füchsel, Reichsbahnoberrat.

Schiffs- und Seewesen.

Der Weltschiffbau im ersten Vierteljahr 1925.

Nach Lloyd's Register of Shipbuilding waren am 31. März 1925 in Großbritannien und Irland 280 Schiffe von über 100 Br.-R.-T. mit insgesamt 1 165 468 Br.-R.-T. im Bau und in den übrigen Ländern zusammen 396 Schiffe mit 1 231 442 Br.-R.-T. Im ganzen sind das 676 Schiffe mit 2 396 910 Br.-R.-T. Englands Anteil beträgt 48,7 vH. Die im Bau befindlichen Schiffe verteilen sich nach Zahlentafel 1 auf die verschiedenen Schiffsgattungen und Länder.

Hiernach ist in Deutschland die größte Zahl an Motorschiffen im Bau, ihr Raumgehalt ist jedoch etwas geringer als der in England im Bau befindlichen Motorschiffe. Vorwiegend Motor-

Zahlentafel 1. Im Bau befindliche Handelsschiffe in der Welt.

Land	Dampfer				Motorschiffe				Segler und Barken				Gesamt	
	Stahl		Holz		Stahl		Holz		Stahl		Holz			
	Zahl	B.-R.-T.	Zahl	B.-R.-T.	Zahl	B.-R.-T.	Zahl	B.-R.-T.	Zahl	B.-R.-T.	Zahl	B.-R.-T.	Zahl	B.-R.-T.
Großbritannien und Irland	213	800 848	—	—	50	358 800	4	1 120	13	4 700	—	—	280	1 165 468
Englische Kolonien	21	27 938	—	—	1	200	—	—	—	—	2	240	24	28 378
Belgien	4	5 520	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	5 520
China	1	250	—	—	1	850	—	—	—	—	—	—	2	1 100
Danzig	7	11 784	—	—	1	3 600	—	—	—	—	—	—	8	15 384
Dänemark	6	6 210	—	—	18	77 084	—	—	5	500	—	—	29	83 794
Deutschland	39	80 321	—	—	55	324 155	—	—	1	1 000	—	—	95	405 476
Estland	—	—	—	—	—	—	1	150	—	—	3	1 280	4	1 430
Frankreich	32	151 157	—	—	5	36 280	—	—	—	—	—	—	37	187 437
Holland	23	48 853	—	—	14	71 055	—	—	—	—	—	—	37	119 908
Italien	14	77 486	2	730	15	84 137	1	180	—	—	4	1 490	36	164 023
Japan	11	32 990	—	—	4	8 765	—	—	—	—	—	—	15	41 755
Jugoslawien	1	210	—	—	2	340	—	—	—	—	—	—	3	550
Norwegen	37	24 836	—	—	3	3 700	—	—	—	—	—	—	40	28 536
Portugal	—	—	1	693	—	—	—	—	—	—	—	—	1	693
Spanien	2	7 800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	7 800
Schweden	8	7 180	—	—	11	50 400	1	250	—	—	1	100	21	57 930
Verein. Staaten von Nordamerika	24	73 028	—	—	2	565	—	—	5	2 295	7	5 840	38	81 728
	443	1 356 411	3	1 423	182	1 019 931	7	1 700	24	8 495	17	8 950	676	2 396 910

schiffe bauen außer Deutschland Dänemark, Holland, Italien und Schweden, vorwiegend Dampfer die übrigen Länder. Der amerikanische Schiffbau steht hinter dem dänischen und holländischen an siebenter Stelle. Vergleicht man den letzten Bericht von Lloyds Register mit dem vom 31. Dezember 1924, so erkennt man, daß die Zahl der Neubauten um 3 vH gestiegen, ihr Raumgehalt aber um etwa den gleichen Betrag zurückgegangen ist, Zahlentafel 2.

Zahlentafel 2.
Schiffbautätigkeit der letzten beiden Vierteljahre.

	31. Dezember 1924		31. März 1925	
	Zahl	B.-R.-T.	Zahl	B.-R.-T.
Dampfer	452	1 530 884	446	1 357 834
Motorschiffe	170	923 738	189	1 021 631
Segler	34	15 814	41	17 445
	656	2 470 436	676	2 396 910

[N 573] Js.

Werkstoffe.

Herstellung von großen Kupferkristallen[1]).

Die Kenntnis von der Eigenschaft der Metalle ist bisher auf Beobachtungen einer zusammenhängenden Masse von kleinen Kristallen beschränkt gewesen, weil ein Stück Metall eine Mischung von kleinen, fest zusammengepackten Kristallen ist. So ist Zink z. B. als sehr spröde bekannt, ein Zinkstab kann nur wenig ohne zu brechen gebogen werden. Dagegen kann ein kleiner einzelner Zinkkristall auf seine sechsfache Länge in einer Richtung ausgezogen werden, in der entgegengesetzten Richtung ist es dagegen sehr spröde. Das Ergebnis der Prüfung hängt davon ab, wie der Kristall untersucht wird, ob in Richtung der Körnung oder entgegengesetzt.

Von Dr. Wheeler P. Davey (General Electric Co., Schenectady N. Y.) sind einige Kupferkristalle bis zu 22 mm Dmr. und 150 mm Länge durch langsames Erwärmen und Abkühlen von reinem Kupfer in einem elektrischen Ofen hergestellt worden[1]). Die erforderliche Menge von reinem Kupfer in Gestalt einer Stange wurde in einen geschlossenen zylindrischen Kohlenstofftiegel gelegt und langsam durch einen elektrischen Ofen geschickt. Das Abkühlen wurde so verlangsamt, daß sich nur ein Kristall bildete, da die Atome dabei genügend Zeit hatten, sich so zu verteilen, wie es nötig war, um einen einzigen Kristall an Stelle einer Menge von kleinen zu formen.

Mit diesen großen Kristallen wurden einige bemerkenswerte Versuche angestellt. Ein Stück von der Größe eines Bleistiftes biegt sich bei einer ruckweise vorgenommenen Bewegung so leicht wie ein Stab von weichem Wachs, kann jedoch nur mit derselben Kraft wie ein gewöhnlicher Kupferstab in seine ursprüngliche Gestalt zurückgebogen werden. Wenn Kupfer einen einzelnen Kristall bildet, haben sich die Atome in Säulen in gleichmäßigen Abständen gelagert. Wenn der Stab gebogen wird, ändern sich die Abstände, die Atome an der inneren Krümmung werden zusammengepreßt und an der äußeren auseinander gezogen. Dadurch bilden sich Beanspruchungen, die das Kristallgefüge ändern, und der Stab wird zu einem gewöhnlichen Stück Kupfer mit vielen kleinen Kristallen.

Wenn die Oberfläche des großen Kristalles eingekerbt wird, so ändert sich das Gefüge in der Umgebung der Kerbe ebenfalls durch Abfeilen oder Polieren, auch wenn noch so feine Späne auf einmal genommen werden. Nur durch Säure läßt sich die Oberfläche wegätzen.

Eine geätzte Stange erscheint rauh und hat abwechselnd dunkle und helle Linien. Äußerlich unterscheidet sich ein großer einzelner Kupferkristall wenig von dem gewöhnlichen Kupfer, doch hat Dr. Davey mittels Röntgenstrahlen den Beweis erbracht, daß es sich wirklich um einzelne Kristalle handelt, wie sie in Abb. 2 gezeigt sind[2]). [M 201] H. Illies.

[1]) „The Foundry". 1. Dez. 1924 S. 999.

Bronzeguß.

B. L. Binney und N. J. Terbille haben in „Foundry" vom 1. August 1924 die Bedingungen, unter denen Bronzeguß hergestellt werden muß, und die Schmelzverfahren beschrieben.

Bis vor einigen Jahren wurde allgemein geglaubt, daß nur reine Metalle zu Legierungen verwendet werden könnten, um erstklassige Gußstücke zu ergeben. In letzter Zeit ist aber durch viele Versuche festgestellt worden, daß Gußstücke aus reinen Metallen keine höheren physikalischen Eigenschaften haben als Gußstücke, zu denen 50 vH Schrott benutzt wird. Wenn ein Einsatz geschmolzen wird, bilden das Kupfer oder der Schrott bzw. die Eingüsse den Grundbestandteil des Einsatzes, und Blei, Zinn und Zink sollten kurz vor dem Abstechen zugefügt werden. Auch die Reihenfolge, in der die Bestandteile zugesetzt werden, und die Art und Weise, wie der Zusatz erfolgt, ist von Wichtigkeit. Das Verfahren hängt auch von der Art des Ofens ab. Wenn das Schmelzen in einem Tiegel vorgenommen wird, ist die Reihenfolge, in der die Elemente zugesetzt werden, von keiner großen Bedeutung, weil die Menge gering und die Oberfläche des Bades nicht groß ist. In diesem Fall ist es nur nötig, die richtige Menge zuzusetzen und gut auszunützen. Im Flammofen, in dem die Oberfläche groß ist, sollten Zinn, Zink und Blei in der genannten Reihenfolge nur in kleinen Stücken, die an verschiedenen Stellen in den Ofen geworfen werden, eingeführt werden.

[2]) Vergl. hierzu die Abhandlung von J. Czochralski, Z. Bd. 67 (1923) S. 533 u. f.

Abb. 2. Kupferkristalle von verschiedener Größe und Gestalt.

Je schneller ein Metall geschmolzen wird, um so besser ist es vom wirtschaftlichen und metallurgischen Standpunkt. Deshalb ist es vorteilhaft, die Öfen auf eine hohe Temperatur zu bringen, ehe das Kupfer und der Schrott eingesetzt wird. Dann sollte das Metall mit einer dünnen Lage irgendeiner Schutzmasse, wie z. B. Borax, bedeckt werden, wodurch Verflüchtigung und Oxydation vermieden wird.

Die Art des Ofens hat auf die Schwierigkeiten, die das Schmelzen von Metallegierungen mit sich bringt, wenig Einfluß. Dagegen beeinflussen die Art und Weise, wie das Metall behandelt wird, das endgültige Erzeugnis. Der Ofen oder der Tiegel sollte sorgfältig ausgetrocknet werden, ehe das erste Schmelzen beginnt, da eine neue Ausmauerung ein ungünstiges Ergebnis zur Folge hat.

Um dies zu beweisen, nehme man zwei Tiegel, den einen gut getrocknet und den anderen in grünem Zustande. Bricht man nun die erhaltenen Gußstücke, so findet man, daß das Gußstück aus dem getrockneten Tiegel das normale Aussehen eines guten Gußstückes hat. Es zeigt keine kleinen glänzenden Punkte, noch sieht man braune Streifen oder verschieden gefärbte Flecke. Im anderen Gußstück wird man dagegen bei 10- bis 20facher Vergrößerung kleine Löcher bemerken, die eine helle, glänzende Oberfläche haben. In vielen Fällen sieht man auch Flecken und Streifen von gelbbrauner bis dunkelbrauner Farbe. Das Vorhandensein von Oxyden und Luftblasen ist für ein Gußstück, das hohe Zerreißfestigkeit haben soll, und für solche Gußstücke, die inneren Beanspruchungen ausgesetzt sind, oder bei denen die Oberfläche nach dem Bearbeiten keine beschädigten Stellen haben darf, von großem Nachteil. Zuweilen treten diese Übelstände bei neuer Ausmauerung nicht auf, wenn die Legierung bei niedriger Temperatur gegossen ist, aber im allgemeinen empfiehlt sich eine gründliche Austrocknung der Tiegel oder Öfen.

Die Verwendung von Desoxydationsmitteln ist empfehlenswert. Hierzu eignet sich Phosphorkupfer in hervorragendem Maße, wenigstens für die gewöhnlichen Bronzen der Zusammensetzung 85 vH Kupfer, 5 vH Zinn, 5 vH Blei, 5 vH Zink. Die Menge des zuzusetzenden Phosphorkupfers richtet sich nach der Art des Gußstückes. Es kann entweder als Desoxydationsmittel benutzt werden, in welchem Fall nur eine Spur von Phosphor im fertigen Gußstück nachgewiesen wird, oder es kann verwendet werden, um dem Metall Härte zu verleihen. Soll das Phosphorkupfer infolge seiner Eigenschaft, im Gußstück das Eutektoid Cu_3P und Cu zu bilden, der Legierung physikalische Eigenschaften verleihen, so genügen 0,1 bis 0,22 kg davon mit 15 vH Phosphor auf je 100 kg Metall. Eine kleine Menge wird auf den Boden des Tiegels oder Ofens beim Chargieren eingesetzt, der Rest, bestehend aus ½ bis ⅔ der Gesamtmenge, nachdem das Metall geschmolzen und fertig zum Abstechen ist. Dann muß sorgfältig umgerührt werden. Das Metall sollte sofort nach dem Zusatz von Phosphorkupfer mit Holzkohle bedeckt werden.

Phosphor, in der Form von Phosphorzinn oder Phosphorkupfer, Magnesium, Bor, Silizium, Zink und Aluminium sind wirkliche Desoxydationsmittel für Bronze und stimmen mit den Anforderungen insofern überein, als sie eine größere Verwandtschaft zum Sauerstoff haben als die Metalle, denen sie zugefügt werden. Wird daher ein Desoxydationsmittel kurz vor dem Abstich verwendet und die Mischung genügend umgerührt, werden die Oxyde verringert und das Metall verbessert.

Das Desoxydationsmittel sollte nur dazu benutzt werden, die Oxydation zu verhindern, da der Schaden, der oft durch sorgloses Schmelzen verursacht wird, nur unvollkommen durch Desoxydationsmittel behoben wird. Man darf die beiden Ausdrücke: Flußmittel und Desoxydationsmittel nicht verwechseln. Ein Flußmittel wird der Charge zugefügt, um sie vor der Ofenatmosphäre zu schützen, sie flüssiger zum Gießen zu machen und sie vom Schmutz zu reinigen.

Beim Gießen von Bronze ist eine richtige Schmelztemperatur sehr wichtig. Das ist eine schwierige Aufgabe, die sorgfältig studiert werden muß. Die Größe des Gußstückes und die Dicke der Wandung spielen eine große Rolle. Je niedriger die Temperatur ist, bei der das Gußstück gegossen wird, um so besser fällt es aus, da es ein feines dichtes Gefüge erhält und frei von Oxyden und Luftblasen ist. Die Bruchflächen von Metallen, die bei höherer Temperatur geschmolzen sind, zeigen ein grobes Gefüge. Die Menge Ausschuß, die man in einer Gießerei durch ungeeignete Temperatur erhält, ist wahrscheinlich größer als man annimmt. Durch richtige Schmelztemperaturen wird nicht nur weniger Ausschuß gemacht, sondern werden auch die physikalischen Eigenschaften erhöht, aber auch die Schmelzzeit und der Brennstoffverbrauch verringert. Die Anschaffungskosten eines notwendigen Pyrometers sind bald erspart. Ist aber anderseits die Temperatur wieder zu niedrig, so bilden sich kalte Risse und Überlappungen, wodurch das Gußstück Ausschuß wird. Nachstehend sind einige Schmelztemperaturen angegeben. Für eine Legierung aus 90 vH Kupfer und 10 vH Zinn genügt eine Temperatur von 1145 °C. Bei dünnen Querschnitten kann man auf 1200 °C gehen. Die Legierung 85 vH Kupfer, 5 vH Zinn, 5 vH Blei und 5 vH Zink sollte sich bei 1093 bis 1120 °C gut gießen lassen. Bei diesen Temperaturen wird vorausgesetzt, daß das Metall durch Phosphorkupfer desoxydiert ist. In Fällen, in denen kein Desoxydationsmittel verwendet wird, muß die Gießtemperatur um 10 bis 20 vH erhöht werden. Für plastische Bronze oder Legierungen mit hohem Bleigehalt genügen 1037 °C.

Um die richtige Gießtemperatur zu bestimmen, gießt man von den Gußstücken, die in Massenfabrikation hergestellt werden, einige Stücke bei verschiedenen Temperaturen und beurteilt die Bruchfläche. Gießtemperaturen über 1200 °C sind äußerst selten erforderlich.

Besitzt eine Gießerei kein Laboratorium, so sind unrichtige Mischungen und Beimengungen von Verunreinigungen in den Mischungen die Ursache von Ausschuß. Wenn das Rohmaterial nach Vorschriften gekauft ist, sollte man von den fertigen Gußstücken Analysen anfertigen, um sich davon zu überzeugen, ob die gewünschte Zusammensetzung erreicht ist. Wenn Materialien geschmolzen werden, deren Analyse nicht bekannt ist, ist es leicht möglich, daß die Gußstücke nicht die gewünschte Zusammensetzung und Festigkeit haben.

Die Unreinigkeiten, die in Legierungen vorkommen, sind Eisen, Antimon, Phosphor, Nickel, Aluminium, Mangan und Schwefel. Schon ein kleiner Prozentsatz dieser Elemente verändert vollständig die Natur des Metalles. Ein unerwünschtes Abfallstück von einigen Kilogrammen kann nicht nur eine Schmelze verderben, sondern sich auf mehrere verbreiten, wenn die Steiger wieder eingeschmolzen werden. [N 204] H. Illies.

Kältetechnik.

Neuere kältetechnische Untersuchungen in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Im November v. Js. sprach Dr. Griffiths über seine Studienreise nach den Vereinigten Staten und Kanada in einer Sitzung der British Cold Storage and Ice Association. Er behandelte zunächst das Verfahren zur Messung der Wärmeleitzahl von Wärmeschutzmassen, das jetzt auch im National Physical Laboratory angewandt wird. Man hat genau das an der Technischen Hochschule in München ausgebildete Zweiplattenverfahren mit elektrischer Heizung[1]) in der Mitte und Kühlung durch Flüssigkeit auf beiden Außenseiten mit Schutzring übernommen. Es werden Geräte verschiedener Größe, in wagerechter und senkrechter Anordnung benutzt und es hat sich z. B. bei der in Amerika vielfach als Wärmeschutzmasse verwandten Schlackenwolle gezeigt, daß bei lose geschichteter Wolle die Größe und auch die Lage der Schicht eine Rolle spielen. Die Wärmeleitzahl nimmt mit abnehmender Dichte der Schlackenwelle zunächst linear ab, bleibt man unter einer bestimmten Dichte, nimmt sie aber wieder stark zu, und zwar bei größerer Platte stärker als bei kleinerer und bei senkrechter stärker als bei wagerechter. Nach dem Bericht im „Engineering" Bd. 118 (1924) S. 742 dürfte diese Erscheinung auf die stärkere Strömung der Luft innerhalb der größeren bzw. senkrechten Platte zurückzuführen sein. Leider ist die Temperatur, bei der die Untersuchung gemacht worden ist, nicht angegeben, Abb. 3.

RZ1030Z1

Abb. 3. Veränderlichkeit der Wärmeleitzahl mit der Dichte der Packung.

• bezieht sich auf das 152,4 cm-Gerät ○ bezieht sich auf das 30,5 cm-Gerät
\+ „ „ „ „ 50,8 „ ⊡ „ „ „ die Dampfleitung
V Heizplatte senkrecht
H „ wagerecht zwischen 2 Lagen
H_1 „ „ unter 1 Lage
H_2 „ „ über 1 „
a besonders für den Versuch hergerichtetes Material

[1]) Forschungsarbeiten Heft 103: Poensgen: „Ein technisches Verfahren zur Ermittelung der Wärmeleitfähigkeit plattenförmiger Stoffe".

Da es sich gezeigt hat, daß geschüttete Wärmeschutzmittel, wie Korkschrot, Schlackenwolle oder dergl., die an sich sehr wirksam sind, mit der Zeit feucht werden und die Wärme besser leiten, auch wenn sie ganz dicht eingeschlossen werden, hat man Untersuchungen über die Durchlässigkeit von Wänden angestellt. Es hat sich gezeigt, daß die Feuchtigkeit durch die Wände diffundiert und mit jedem Wechsel der Temperaturen und des Barometerstandes Verschiebungen auftreten, die stets mit einer Ablage von Feuchtigkeit auf der Schutzmasse verbunden ist. Das National Physical Laboratory hat die Untersuchung über die Durchlässigkeit verschiedener Stoffe gegen Gase aufgenommen. Ergebnisse wurden nicht mitgeteilt[1]).

Der Vortragende berichtete weiter über die sehr großen Beträge, die einzelne Firmen für Untersuchungen aufwenden. So hat die York Manufacturing Company 300 000 ℳ für ein Laboratorium ausgegeben, das wöchentlich 2600 ℳ kostet. Das Laboratorium hat bereits wesentliche Ergebnisse erbracht.

[1]) Über diese und andere Arbeiten wird ausführlich berichtet in: Report of the Food Investigation Board for the year 1923. Vergl. auch: Zeitschrift f. d. gesamte Kälte-Industrie Mai 1925.

Der Bruder des Vortragenden hat Untersuchungen über das Verfrachten von Obst zu Wasser und zu Lande gemacht. Bei Kühlwagen mit Stirneiskühlung stieg die Temperatur unterwegs trotz Beeisens zum Teil bis auf 38 °C an, auch zeigten sich innerhalb des Wagens Temperaturunterschiede bis zu 7 °. Durch Anbringen der Eisbehälter an der Decke wurden die Schwierigkeiten behoben. Leider ist über Einzelheiten des Wagens mit Stirneiskühlung, die sich sonst sehr gut bewährt haben, nichts mitgeteilt, so daß man den konstruktiven Fehler nicht erkennen kann. Die Vorkühlung der Früchte vor dem Verladen hat sich auch hier bewährt.

Der Vortragende hat auch an Untersuchungen teilgenommen, die an vier Dampfern vorgenommen wurden, die Äpfel von Australien nach England bringen. Es handelte sich um genaue Messungen der ausgeatmeten Kohlensäure sowie der Temperatur der Früchte[2]).

Aus dem Vortrag ist sehr deutlich zu erkennen, daß in den Vereinigten Staaten mit großem Eifer und mit Aufwand sehr beträchtlicher Mittel an dem Ausbau der wissenschaftlichen Forschung gearbeitet wird. [M 1030] Krause.

[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 734

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin SW 19. Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Der Eisenbetonbau, seine Theorie und Anwendung. Herausg. von Dr.-Ing. eh. E. Mörsch, Prof. a. d. Technischen Hochschule Stuttgart. Fünfte vollständig neu bearbeitete und vermehrte Auflage. II. Band, 1. und 2. Lieferung. Mit 223 und 197 Textabbildungen. Stuttgart 1924, Konrad Wittwer. Preis geh. 9 ℳ für je eine Lieferung.

Die beiden vorliegenden Lieferungen behandeln die verschiedenen Anwendungsgebiete des Eisenbetons und bringen eine große Fülle vorzüglich ausgewählter Abbildungen. Daß es sich hierbei in der Hauptsache um Ausführungen der A.-G. Wayß & Freytag handelt, sei nebenbei erwähnt. Die erste Lieferung beginnt zunächst mit allgemeinen Angaben über die Ausführung von Werkzeichnungen, sowie über die verschiedentlichen Geräte, die auf der Baustelle gebraucht werden. Man findet bemerkenswerte Angaben über die verschiedenen Transportmöglichkeiten für Beton und über sein Einbringen durch Trichter und dergleichen. Nicht minder bemerkenswert, wenn auch verhältnismäßig kurz behandelt, sind die Angaben über Gußbetonausführungen und über das Zementspritzverfahren, das man neuerdings vielfach angewendet hat. Nach Besprechung der üblichen Deckenarten werden die mehrgeschossigen, in Rahmenwerk ausgeführten Gebäude einschließlich der dazugehörigen Dachbauten behandelt, wobei eine ganze Reihe verschiedener Anordnungen der Haupt- und Nebenträger besprochen werden. Erwähnenswert sind fernerhin die Angaben über die Notwendigkeit von Schwindfugen, über die Befestigung von Transmissionen, über Krag- und Tribünenbauten und über Treppen. Es folgen dann einige theoretische Angaben bezüglich der Konsoleinspannung im Mauerwerk.

Die Überleitung zur 2. Lieferung bildet die Besprechung der Sägedächer, insbesondere der Laternen-Sägedachbauten. Rahmenwerke und Bogendächer werden in gut gewählten Abbildungen gebracht, ebenso mehrschiffige Binder. Vielfach sind den nach Lichtbildern hergestellten Abbildungen Konstruktionszeichnungen mit Einzelheiten beigegeben. Auch die Kuppel- und Zeltdachbauten sind gebührend berücksichtigt worden. Besonders ausführlich sind dann die verschiedenen Gründungsarten behandelt worden. Auf die eingehenden Angaben über die Elastizität des Baugrundes und die Berechnung von Plattengründungen sei besonders aufmerksam gemacht.

Beide Lieferungen, denen weitere folgen sollen, enthalten eine große Fülle von vorzüglichen Abbildungen, die in bester Weise geeignet sind, Aufschluß über den augenblicklichen Stand unserer Eisenbetonindustrie zu geben.

[E 68] C. Kersten.

Electrical Measuring Instruments. Von Drysdale und Jolley. London 1924, Ernest Benn Ltd. 2 Bde., 440 und 475 S. m. 377 u. 437 Abb. Preis geb. je 55 sh.

Das vorliegende ist das umfassendste Werk über die Konstruktion elektrischer Meßgeräte, das bisher veröffentlicht worden ist. Der erste Band enthält in zehn Kapiteln das wesentlichste über allgemeine Meßverfahren, allgemeine Bauteile (Lager, Federn, Gehäuse), die Voraussetzungen für rasche Einstellung, die elektrostatischen und elektromagnetischen Grundregeln über die Eigenschaften von Leit- und Isolierstoffen. Die letzten fünf Kapitel behandeln Drehspulinstrumente, Dreheiseninstrumente, Elektrodynamometer, Hitzdrahtinstrumente und elektrostatische Instrumente. Der zweite Band enthält folgende acht Kapitel: Elektrizitätszähler, Induktionsinstrumente, Schreibgeräte, Frequenz- und Leistungsfaktormesser, Einrichtung zur Erweiterung des Meßbereiches von Wechselstromgeräten (einschließlich Meßwandler), elektrische Einrichtungen für mechanische Prüfungen (Tachometer, Stroboskope, Dynamometer), besondere Anzeigegeräte (Synchronoskope, Ohmmesser) und zuletzt Ausrüstung von Prüfräumen.

Der klar geschriebene Text wird durch zahlreiche Diagramme, Strichzeichnungen und Autotypien ausgeführter Bauarten aufs beste ergänzt. Die Verfasser haben an keiner Stelle Preislistenbilder verwendet, sondern die Aufnahmen stets selbst hergestellt, wobei allerdings manche Bilder durch die fehlende Retusche nicht so klar geworden sind, wie es möglich wäre.

Die Behandlungsweise des Stoffes ist vielfach sehr gründlich, so daß der Fachmann daraus wertvolle Belehrung schöpfen kann. Vieles verrät den praktisch tätigen Spezialisten; sehr wertvoll sind, um nur eines zu nennen, die Angaben über die Berechnung der Dämpfung elektrischer Meßgeräte. Der Text ist unparteiisch geschrieben und behandelt nicht allein englische Apparate, sondern auch solche aus andern Ländern, insbesondere aus Deutschland. Bei der Unabhängigkeit von Firmenveröffentlichungen, die zu wahren die Verfasser sichtlich bestrebt waren, kann es nicht verwundern, daß sich die Beschreibungen zum Teil auf veraltete Apparate beziehen. Die Fülle von selbstgesammelten Zahlen über elektrische Meßgeräte ist erstaunlich.

Trotz dieser im allgemeinen sehr ausführlichen Behandlung des Stoffes sind einige Abschnitte etwas zu knapp ausgefallen, und es wäre wünschenswert, sie bei Gelegenheit zu ergänzen. So sind z. B. die eisengeschlossenen Elektrodynamometer allzu kurz behandelt. Auch der Abschnitt über Zähler entspricht nicht deren Bedeutung. Viel zu kurz sind die Ausführungen über Meßwandler, obwohl die Strom- und Spannungswandler, was Genauigkeit und Betriebsicherheit anbelangt, besser durchgebildet werden als Zeigermeßgeräte. Hier ist z. B. ein Stromwandler der Firma Siemens & Halske abgebildet, der etwa 1908 hergestellt wurde; die nächste Figur, ein Stromwandler der AEG, stammt aus dem Jahre 1905. Daran sieht man wohl, daß es doch nicht ganz zweckmäßig ist, wenn sich ein Verfasser allein auf selbstgesammelte Versuchswerte und selbsthergestellte Bilder einstellt. Die Laboratorien der Großfirmen sammeln und prüfen zwar die Angaben über die Ausführungen der Konkurrenz, aber es ist doch wegen der hohen Kosten nicht möglich, diese Sammlung immer ganz neuzeitlich zu erhalten.

Trotz dieses Mangels bieten die beiden Bände doch eine Fülle wertvoller Aufschlüsse, und ihr Studium ist daher dem Fachmann sehr zu empfehlen, zumal der größte Teil des Inhaltes sonst nirgends zu finden ist. Die beiden Bände sind hervorragend gut ausgestattet. [E 489] Keinath.

Elemente der höheren Mathematik für Studierende der technischen und Naturwissenschaften. Von L. v. Schrutka. 3. und 4. Aufl. Leipzig und Wien 1924, Franz Deuticke. XXX u. 635 S. m. 143 Abb. Preis 15 ℳ.

Dieses sehr empfehlenswerte Werk erfüllt in bester Weise die Anforderungen, die heute an eine der mathematischen Anfangsausbildung der Ingenieure und Naturwissenschaftler gewidmete Einführung in die höhere Analyse zu stellen sind. Der Verfasser hat es verstanden, „die Gegensätze zwischen einer vollkommen konsequenten Darstellung“, die das rein Mathematische erfordert, „und den Bedürfnissen der angewandten Mathematik auszugleichen“. Dadurch ist eine Darstellung entstanden, die das Streben nach Richtigkeit der mathematischen Sätze und Sauberkeit der zugehörigen Beweisführungen sowie eine feinfühlige und sachmäßige Einstellung auf die Gedankengänge der Ingenieure und

Naturwissenschaftler erkennen läßt. Wenn es auch richtig ist, daß dem Ingenieur der Praxis die Mathematik im Berufe nur als Mittel zum Zweck dient, für die Ausbildung des angehenden Ingenieurs während des Studiums darf dieser Umstand nicht allein den Ausschlag geben, vielmehr muß aus Gründen der Allgemeinbildung die Mathematik gerade für den Anfänger noch unter einem allgemein-kulturellen Gesichtspunkt betrieben werden. Ein besondrer Vorzug des vorliegenden Werkes ist, daß es auch hierin über den Durchschnitt der oft nur rein fachlich eingestellten Lehrbücher hinausragt.

Der Inhalt der Schrift geht aus folgenden Überschriften der einzelnen Abschnitte hervor: I. Grundbegriffe. Veränderliche, Funktionen. Analytische Geometrie. II. Grundlagen der Differentialrechnung. III. Grundlagen der Integralrechnung. IV. Weiterführung der Differential- und Integralrechnung. Logarithmische, Exponential- und Winkelfunktionen. V. Approximationen und Reihenentwicklungen. VI. Die Kegelschnitte und einige andere ebene Kurven. VII. Geometrie des Raumes. Vektorenrechnung. VIII. Funktionen von mehreren Veränderlichen. IX. Polynome. Auflösung von Gleichungen. Anhang: Formelsammlung. Ein ausführliches Sachverzeichnis macht das Buch auch als Nachschlagewerk brauchbar.

Zahlreiche Übungsbeispiele, größtenteils vollständig durchgerechnet, sind eingeflochten, ferner eine große Zahl von Literaturnachweisen und einzelnen Bemerkungen historischer Art, Hinweise auf höhere mathematische Probleme u. dergl., so daß die Lektüre des Buches in mehr als einer Hinsicht anregend und lehrreich ist. Die Art der Darstellung ist breit und leicht verständlich und gewinnt durch eine gewisse freundlich-schulmeisterliche Art auch den zaghaften Anfänger. Kurz und gut, ein recht erfreuliches und empfehlenswertes Buch. [E 347] R. Rothe, Berlin.

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften, herausgegeben von der Schriftleitung der „Naturwissenschaften", Bd. III. Berlin 1924, Julius Springer. 404 S. m. 100 Abb. Preis geh. 18 ℳ, geb. 19,20 ℳ.

Die Sammlung von leicht lesbaren und dabei doch streng wissenschaftlichen Forschungsberichten zeigt, daß dem Unternehmen nach einem guten Anfang auch weiterhin genügend Kräfte zuströmen. Die Arbeiten sind diesmal vorwiegend physikalisch, nur zwei über rein astronomische Fragen leiten den Band ein. Brill schreibt über die Strahlung und Heß über die wahre (d. h. auf gleiche Entfernung von der Erde reduzierte) Helligkeitsverteilung der Sterne. Man erfährt außer einer kritischen Darstellung der Methoden einiges über Sterntemperaturen, über die Gruppierung in „Riesen" und „Zwerge". Willkommen ist auch die kritische Durchsicht der astronomischen Prüfungen der allgemeinen Relativitätstheorie von Kienle. Die früher beobachtete genaue Übereinstimmung der Perihelverschiebung der Merkurbahn mit dem theoretischen Wert hält leider einer eingehenderen Kritik nicht stand. Vielmehr sind die verlangten Effekte so klein, daß sie auch heute noch nicht quantitativ bestätigt werden konnten. Qualitativ sind sie aber alle im Sinne der Theorie vorhanden, und nirgends zeigen die Messungen einen Widerspruch zu den theoretischen Erwartungen; vielmehr ist zu hoffen, daß bei weiterer Steigerung der Beobachtungsgenauigkeit die quantitative Bestätigung noch erbracht werden wird.

Die übrigen Aufsätze handeln alle mehr oder weniger unmittelbar von dem heute vielleicht brennendsten physikalischen Problem, dem Aufbau der Materie. Dieser Fragestellung dienen Untersuchungen von Minkowski und Sponer über den Durchgang von Elektronen durch Atome, sowie die feinsinnige Analyse der β-Strahlspektren von L. Meitner, der ausgezeichnete Wiedergaben solcher Spektren beigegeben sind. Während diese beiden Arbeiten aber die Konstitution des Einzelatoms betreffen und zu dem Bilde, das wir seit Bohrs grundlegenden Arbeiten von den Atomen haben, nur einzelne Stücke zufügen, versucht eine andre Gruppe in das heute noch viel dunklere Gebiet der gegenseitigen Bindung der Atome hineinzuleuchten. So schreibt Laski über Ultrarotforschung, d. h. über die Erforschung der langwelligen Eigenfrequenz solcher Systeme von aneinander gebundenen Atomen. Die Kenntnis der Eigenfrequenzen eines Moleküls oder Kristallgitters erlaubt Rückschlüsse auf die Stärke und physikalische Natur seiner Bindung. Ein Bericht von Gudden behandelt die Leitfähigkeit nicht metallischer Kristalle, die freilich noch viel zu wenig erforscht ist, um schon mit der Kristallstruktur in Zusammenhang gebracht zu werden. Gerlach beschreibt Einzelheiten über Atomstrahlen und ihren Niederschlag auf Hindernissen, an denen sie haften bleiben. Dann gibt Hückel eine Übersicht über die Debijesche Theorie der Elektrolyte; diese fällt insofern aus dem Rahmen der andern Berichte heraus, als sie eine physikalische Theorie, allerdings in leicht lesbarer Form, rechnerisch durchführt. Über die Anschauungen van t'Hoffs und von Arrhenius hinausgehend, berücksichtigt sie die elektrostatischen Kräfte zwischen den Ionen und erklärt damit manche Eigenschaften von Salzlösungen recht genau.

Den Abschluß des Bandes bilden ein Bericht von Günther-Schulze über elektrische Ventile und Gleichrichter, der in Kürze alles physikalisch Wichtige der Ventilwirkung zusammenfaßt, und eine Arbeit von Katz über die Quellung. So häufig dieser Vorgang im täglichen Leben, im Haushalt der Organismen ist, so undurchsichtig ist er einstweilen in physikalischer Hinsicht.

Über die Ausstattung des Buches kann nur Gutes gesagt werden; das Werk wird jedem naturwissenschaftlich interessierten Leser wertvoll sein. [E 466] E. Fues.

Versuche an Dampfmaschinen, -Kesseln, -Turbinen u. Verbrennungskraftmaschinen. Von Franz Seufert. 7. erw. Aufl. Berlin 1925. Julius Springer. 165 S. m. 52 Abb. Preis 3,60 ℳ.

Irrtum und Wahrheit über Wasserkraft und Kohle. Von M. Gerbel. Berlin 1925, Julius Springer. 68 S. Preis 1,80 M.

The electrolytic Separation of Magnesium from Magnesia. By Ichitaro Namari. Sakai 1924. 159 S. m. versch. Abb. u. Taf.

Schamotte und Silika. Von L. Litinsky. Leipzig 1925, Otto Spamer. 286 S. m. 75 Abb. u. 43 Taf. Preis geh. 24 ℳ, geb. 27 ℳ.

Gesammelte Abhandlungen. Bd. III. Von F. Kehrmann. Leipzig 1925, Georg Thieme. 495 S. Preis 27 ℳ. Abt. I: Untersuchungen über Oxoniumverbindungen. Abt. II: Untersuchungen über Thionium- und Sulfoniumverbindungen. Abt. III: Untersuchungen über Akridin- und Karbazinfarbstoffe.

Der Wasserstoff. Von A. Stavenhagen. Braunschweig 1925, Vieweg & Sohn A.-G. 104 S. m. 39 Abb. Preis 5 ℳ. (Sammlung Vieweg H. 76.)

Der Quecksilberdampf-Gleichrichter. Von Kurt Emil Müller. Bd. 1: Theoretische Grundlagen. Berlin 1925, Julius Springer. 217 S. m. 49 Abb. Preis 15 ℳ.

Die Kartellverordnung vom 2. November 1923. Von Fritz Haußmann und Adolf Hollaender. München, Berlin u. Leipzig 1925, J. Schweitzer. 164 S. Preis 6,50 ℳ.

Zeitgemäße Steuer- u. Finanzfragen. H. 3 u. H. 4. Herausg. von Max Lion. H. 3: 35 S. Preis 1,20 ℳ. H. 4: 24 S. Preis 0,80 ℳ.

50 Jahre Fachverein u. Fachtechnik. Herausg.: Der Verein der Maschinenmeister u. Drucker Niederösterreichs. 114 S. m. verschied. Abb.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 27. JUNI 1925 NR. 26

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 888.

Gemischte Kraft- und Wärmeanlagen.

Prof. Dr. F. Niethammer, Prag.

Anlagen mit Vielradturbinen der Ersten Brünner, hauptsächlich für die Textil- und Zuckerindustrie, wo Hochdruckdampf zur Krafterzeugung und Abdampf zu Heiz- und Kochzwecken dient. Der neue Kesselregler von E. Roučka und Verfahren zur Messung der Verluste in Turbodynamos.

Im Archiv für Wärmewirtschaft vom Mai 1924 habe ich die Energiewirtschaft bei der Nestomitzer Zuckerraffinerie A.-G., die etwa sechs Wintermonate ununterbrochen 3000 kW Abfalleistung in das Nordböhmische Überlandnetz liefert, ausführlich beschrieben. Weitere Fortschritte dieser Art mit Vielrad-Dampfturbinen der Ersten Brünner M. F. G. hat man seitdem namentlich in Böhmen und Mähren gemacht, wo ebenfalls unter meiner Leitung die Grusbacher gemischte Zuckerfabrik eine Neuanlage errichtet hat. Offenbar ist in andern Ländern das innige Zusammenarbeiten von Wärme verwertenden Industrie-Kraftwerken mit den öffentlichen Überlandkraftwerken nirgends in so vollkommener Weise gelungen, wie bei der Nestomitzer und der Rohrbacher Zuckerraffinerie sowie der Grusbacher Zuckerfabrik. Das geht mit aller Deutlichkeit auch wieder aus dem Schriftwechsel: Ist Energiegewinnung Selbstzweck? in der ETZ 1925 S. 332 hervor.

Reine Gegendruckturbinen lassen sich nur in Fabrikbetrieben verwenden, deren Koch- und Heizdampfmenge so groß ist, daß das in der Gegendruckturbine ausnutzbare Wärmegefälle mehr leisten kann als der Fabrikbetrieb benötigt. Dies trifft z. B. für Zuckerfabriken, Zuckerraffinerien und reine Färbereien zu. Kann man in solchen Betrieben die überschüssige Leistung nicht an ein elektrisches Überland- oder Stadtnetz abgeben, so muß man zur Ergänzung des Auspuffdampfes noch Niederdruckdampf gesondert erzeugen. In den meisten Industrien passen Kraftbedarf und Heizdampfbedarf so wenig gut zusammen, daß man außer der Gegendruckturbine noch eine Kondensationsturbine oder statt beider eine Anzapfturbine oder eine Niederdruckturbine aufstellen muß. Den wirtschaftlichsten Ausgleich erzielt man aber in allen diesen Fällen, wenn man eine für die höchste Abdampfmenge bemessene Gegendruckturbine mit einem Überlandwerk parallelschalten kann, so daß dieses die Energie vollkommen ausgleicht. Wo die bei voller Turbinenleistung verfügbare Abdampfmenge schon knapp zum Heizen und Kochen ausreicht oder wo alle überschüssige elektrische Energie verkauft werden kann, lohnt es sich unbedingt, eine hochwertige Vielradturbine aufzustellen, auch wenn sie teurer als eine gewöhnliche Turbine ist.

Im Bereich der Textilindustrie ist in erster Linie die im Sommer 1924 bestellte Neuanlage von Johann Liebig u. Co., Reichenberg, anzuführen. Die mit einem Drehstromerzeuger von 1100 kW bei $\cos \varphi = 0.8$ gekuppelte Erste Brünner - Zweizylinder - Gegendruckturbine arbeitet mit Dampf von 30 at und 400 °C, den zwei Babcock & Wilcox-Kessel liefern; der Gegendruck von 4 at kann auf 7 bis 8 at steigen. Bei 30 at und 400 °C am Eintritt und 4 at Gegendruck beträgt der zugesicherte Dampfverbrauch 10 kg/kWh für Vollast. Die Anlage arbeitet mit dem Reichenberger Überlandwerk zusammen. (Im vorliegenden Aufsatz bedeutet „at" stets Atmosphären-Überdruck.)

Ein gutes Beispiel für eine ganz selbständige Kraft- und Wärmeanlage, Bauart Erste Brünner, wird bei der Wollindustrie A.-G. in Temesvar errichtet: Der Frischdampf von 32 at und 430 °C wird in zwei Babcock & Wilcox-Kesseln von je 200 m² Heizfläche mit Überhitzern von je 70 m² erzeugt und einer Dreigehäuse-Anzapfturbine mit Kondensation von 900 kW elektrischer Leistung zugeführt, der 7000 kg/h Anzapfdampf von 4 at entnommen werden können. Zwei Abhitzekessel von je 200 m² Heizfläche erzeugen weiteren Heizdampf von 5 at, der auch zum Vorwärmen von Wasser in einer Vorlage von 110 m³ Inhalt verwendet wird. Bei 900 kW und Betrieb mit Kondensation werden 4,2 kg/kWh gewährleistet, wenn der Dampf beim Eintritt 30 at und 400° hat und Kühlwasser von 12° zur Verfügung steht. Beim Anzapfen von 7000 kg/h Dampf von 4 at beträgt der Verbrauch bei 900 kW 9 kg/kWh. Der Kraftbedarf der Kondensation ist dabei als Nutzlast angesehen und der Dampfverbrauch wird durch Kondensat- oder Meßflanschmessung bestimmt.

Eine ganze Reihe andrer Gegendruck- oder Anzapf-Turbosätze, Bauart Erste Brünner, mit Leistungen von 500 bis etwas über 3000 kW sind für Textilanlagen im Bau und für Anzapfdampfmengen von 4000 bis 20 000 kg/h bei 2 bis 5 at Gegendruck bestimmt. Die Brünner Tuchfabriken arbeiten an ganz gleichen Entwürfen, die zur Ausführung kommen werden, wenn das weiter unten behandelte Industrie-Fernheizwerk für etwa 150 000 kg/h Abdampf nicht bald verwirklicht wird.

Bei den Textilbetrieben handelt es sich demnach um verhältnismäßig kleine Leistungen, meist um 1000 kW herum, wofür die Turbinenfirmen sogenannte Räderturbinen mit Zahnradübersetzungen von 5000 bis 9000 Uml./min an der Turbine auf 3000 Uml./min an der Dynamo oder bei Gleichstrom auf weniger verwenden. Da die Scheibendurchmesser der Brünner Vielradturbine an sich klein sind, so eignet sie sich besser als andere Bauarten auch für mäßige Drehzahlen, so daß bei ihr der Einbau eines Zahnradgetriebes eigentlich nie notwendig ist. Aus Preisrücksichten ist vereinzelt z. B. eine 500 kW-Brünner-Gegendruckturbine für 20 at, 375 °C und 4,5 at Gegendruck für die Ungarische Textilfärberei A.-G., Budapest, mit der Räderübersetzung 4800/3000 gebaut worden. Die Übersetzung ist also sehr mäßig, da sonst 9000/3000 vorkommen. Es laufen aber auch Vielradturbinen bis zu 300 kW herab unmittelbar mit 3000 Uml./min. Anderseits ist zu erwarten, daß in nächster Zeit sogar Turbinen von 30 000 kW mit 3000 Uml./min hergestellt werden. In Amerika sind Turbinen mit 30 000 kW und 3600 Uml./min in Arbeit.

Auf dem Gebiete der städtischen Fernheizwerke kann bis jetzt in Böhmen und Mähren nur das Elektrizitätswerk der Stadt Aussig a. d. Elbe genannt werden, wo zwei Anzapfturbinen für 2000 kW und 5250 V Drehstrom aufgestellt sind. Der Frischdampf tritt mit 18 at und 350 °C ein, und der Abdampf speist mit 4 at die Heizung der Badeanstalt, der Schulen, Krankenhäuser, Theater und andrer öffentlicher Gebäude. Durch geeignetes Ansetzen der Badestunden hat man dort auch versucht, Heizdampfmenge und elektrische Leistung einigermaßen in Übereinstimmung bringen. Das Werk ist an das Netz der Nordböhmischen Elektrizitätswerke angeschlossen, in das auch die Nestomitzer Raffinerie speist. Eine sehr günstige Verbindung von Heiz- und Kraftanlagen bieten die bekannten

Abb. 1. Energiewirtschaft der Nestomitzer Zuckerraffinerie.

böhmischen B a d e o r t e Karlsbad, Marienbad und Franzensbad, wo während der Bademonate gleichzeitig viel Dampf zum Heizen der Bäder und zur Erzeugung von Elektrizität gebraucht wird; für beide Zwecke werden jetzt Hunderte von Wagenladungen Braunkohle in einer Saison verbraucht. Dabei würden Kraft- und Wärmeerzeugung nicht schlecht zusammenpassen.

Die Handelsvertretung der Union der sozialistischen Sowjetrepubliken hat neben einigen Turbosätzen für 23 000 PS mit Kondensation auch eine zweigehäusige Vielrad-Anzapfturbine für 2500 kW bei 14 at, 350 °C und 20 000 kg/h Anzapfmenge von 4 at für das wärmetechnische Institut Moskau bei der Ersten Brünner bestellt.

Im Gebiet der c h e m i s c h e n I n d u s t r i e hat Ende 1924 der Verein für chemische und metallurgische Produktion in Aussig a. d. Elbe seine vereinigte Hochdruck-Kraft- und Abdampfheizanlage in Betrieb genommen; sie ähnelt im Aufbau der Grusbacher Anlage, ist aber mit Kondensation versehen. Die vier Babcock- & Wilcox-Kessel von je 250 m² Heizfläche mit Überhitzern von je 80 m² Heizfläche arbeiten mit 32 at und Treppenrosten von je 12,5 m² Fläche für Braunkohlenstaub und Lösche. Die dreigehäusige Kondensations-Vielradturbine leistet bei 30 at und 400 °C 2000 kW und gibt bis zu 30 000 kg/h Abdampf von 4 at Gegendruck ab. Zur Niederdruckdampferzeugung dienen vier Abhitzekessel von je 300 m² Heizfläche und 5 at, wozu vier Wasservorlagen von je 120 m³ Inhalt gehören. Diese Anlage ist von Obering. H o f f m a n n entworfen und in Betrieb gesetzt worden. Demselben Unternehmen stehen die Nestomitzer Solvay-Werke nahe, wo zwei zweigehäusige Erste Brünner Gegendruck-Anzapfturbinen mit Stromerzeugern von 1000 und 1120 kW bei 17 at und 350 ° am Dampfeintritt in Betrieb sind; bei 5 bis 6 at werden zunächst 6000 kg/h Dampf abgezapft, und der Rest wird mit 0,2 oder 1 at Überdruck in der Fabrik verwendet.

Die größten Erfolge haben die Vielrad-Gegendruckturbinen in den Z u c k e r r a f f i n e r i e n und gemischten Zuckerfabriken (Rohzucker und Kristallzucker) mit langer Kampagne gebracht. Die oben erwähnte Nestomitzer Zuckerraffinerie hat nunmehr die dritte Kampagne hinter sich und die beiden Vielradturbinen von je 2000 kW liefern in jeder Kampagne von etwa sechs Wintermonaten ununterbrochen 3000 kW ins Überlandnetz. Den etwas ergänzten Arbeitsplan der Nestomitzer Energiewirtschaft zeigt Abb. 1. Der Betrieb ist zuverlässig und bestätigt die hohe Wirtschaftlichkeit der Vielradturbinen, die sich bei den Abnahmeversuchen[1]) ergeben hatten. Die ganze elektrische Schaltanlage und die ganze Turbinenanlage bedient in jeder Schicht ein einziger Maschinist und auch im Kesselhaus arbeitet eigentlich nur ein Heizer in jeder Schicht, obwohl die Babcock- & Wilcox-Kessel aus dem Jahre 1893 stammen. Die Nestomitzer ist auch die erste Raffinerie, die die selbsttätige Kesselüberwachung nach E. R o u č k a, Blansko, eingeführt hat. Die Walzenschrägroste nach P a t o č k a[2]) haben sich gut bewährt und ertragen Belastungen von 420 kg/m²h Braunkohlenlösche. Allerdings erwartet man auch hier die endgültige Lösung des Feuerungsproblems von der Kohlenstaubfeuerung.

Die Rohrbacher Zuckerraffinerie, Abb. 2, bei Brünn hat schon seit 1912/13 zwei Gegendruckturbinen der Maschinenfabrik Oerlikon von je 1250 kVA im Betrieb und hat diesen seither allen Abdampf für Heiz- und Kochzwecke mit etwa 0,5 at bei 127 °C entnommen, wobei aber noch Niederdruckdampf zugesetzt werden mußte. Seit etwa 1918 hat sie mit der Westmährischen Elektrizitätswerke A.-G. ein Stromabkommen geschlossen, die während der Kampagne etwa 1000 kW elektrische Leistung abnimmt. In der Kampagne 1924/25 hat man einen der beiden Oerlikon-Turbo-

[1]) Z. Bd. 67 (1923) S. 1163.
[2]) Archiv f. Wärmewirtschaft, Mai 1924.

Abb. 2. Energiewirtschaft der Rohrbacher Zuckerraffinerie.

sätze, die mit etwa 60 vH Turbinenwirkungsgrad arbeiteten, durch eine zweigehäusige Erste Brünner-Gegendruckturbine von rd. 5000 kVA und 3300 kW bei 20 at und 380 °C am Dampfeintritt und 1 at Gegendruck ersetzt, die ihren ganzen Überschuß an elektrischer Leistung, also über 2000 kW mit 22 000 V an das Überlandnetz der Westmährischen E.-W. abgibt. Wie wichtig solche im Netz verteilten Industrie-Kraftwerke sind, wird z. B. dadurch bewiesen, daß das Kraftwerk der Rohrbacher Zuckerraffinerie bei einer Störung der Hauptleitung vom Hauptkraftwerk Oslawan einige Zeit das 22 000 V-Netz allein speisen konnte. Auch anderwärts gehören die Störungen in Überlandnetzen nicht zu den Seltenheiten, so daß solche Hilfswerke sehr wertvoll sind.

Die im Herbst 1924 fertiggestellte Zuckerfabrik Preßburg der A.-G. Dynamit Nobel arbeitet mit einer zweigehäusigen Gegendruckturbine von 2150 kW bei 13 at und 300 °C am Dampfeintritt und 2 at Gegendruck; die überschüssige elektrische Energie wird in Parallelschaltung mit einem Dieselkraftwerk dem städtischen Netz und andern Industrieanlagen zugeführt. Die Wischauer Zuckerfabrik Wischau (Mähren) wird ihre nächste Kampagne mit einer eingehäusigen, sechzehnstufigen Ersten Brünner-Gegendruckturbine von 1200 kW und 525 V bei 15 at und 350 °C

am Dampfeintritt und 1,5 at Gegendruck aufnehmen, wozu noch ein Babcock- & Wilcox-Kessel sowie ein Abhitzekessel gehören. Ähnliche Anlagen sind in den Zuckerfabriken Szerencz und Botfalu im Bau.

Gerade die Zuckerfabriken lehnen oft die hohen Kesseldrücke über 20 bis 25 at ab, weil sie bei solchen Drücken den ununterbrochenen Tag- und Nachtbetrieb noch nicht für gesichert halten und der Abdampf von 0,3 bis 2 at leicht naß erscheint, wenn er nicht nach- oder zwischenüberhitzt wird, was die Anlage verwickelt macht. Überhitzung über 400 °C wird anderseits von mancher Seite abgelehnt, weil dann der Abdampf bei mäßigem Druck wieder zu hoch überhitzt ist. Man muß daher immer den richtigen Mittelweg suchen. Die Nestomitzer Turbinen arbeiten immerhin seit drei Kampagnen von je sechs Monaten ununterbrochen ohne jede Störung mit 400 ° und darüber.

Die Grusbacher Zuckerfabrik hat seit Herbst 1924 eine vollständig neue Kraft- und Heizdampfanlage, Bauart Erste Brünner. Einen Überblick über die ganze Neuanlage und ihr Zusammenwirken mit dem Überlandnetz gibt Abb. 2. Die gemischte Zuckerfabrik braucht etwas über 35 000 kg/h Heiz- und Kochdampf. Da bei 22 at und 400 °C am Eintritt und 2 at Gegendruck ein Dampfverbrauch von 9,3 kg/kWh gewährleistet war, so konnte eine AEG-Turbodynamo von 3500 kW oder etwas über 5000 kVA aufgestellt werden. Zur Erzeugung des Hochdruckdampfes dienen drei Babcock- & Wilcox-Kessel der Marinebauart; in Abhitzekesseln, die aus den vorhandenen Tischbein-Siederohrkesseln umgebaut wurden, werden noch etwa 5000 kg/h Niederdruckdampf erzeugt, die allerdings zum Teil für die weitere Vorwärmung des Speisewassers in den Vorlagen verwendet werden. Die Walzenkessel der früheren Siederohrkessel dienen als Wasservorlagen und Dampfspeicher. Während die Hauptmenge an Kochdampf mit 2 at geliefert wird, zapft man etwa 3000 kg/h zwischen den zwei Turbinengehäusen mit etwa 9 at für die Diffusoren ab. Die Anlage verbraucht vom Rost bis zu den Stromerzeugerklemmen bei 138 ° Speisewassertemperatur 1,51 kg/kWh Steinkohle von 5900 kcal/kg Heizwert. Ins elektrische Überlandnetz sollten etwa 2700 kW geliefert werden, was allerdings vorläufig nicht erreicht wird.

Abb. 3. Schaltung eines Kraftwerkes mit Abdampfverwertung.

a Niederdruckkessel
b Hochdruckkessel
c Niederdruckturbine
d Hochdruckturbine
e Stromerzeuger.

Bei der Speisewasservorwärmung kann man mit Hilfe der Abhitzekessel und Vorlagen nicht nennenswert über die Sattdampftemperatur des Niederdruckdampfes von 2 bis 4 at hinauskommen. In der Nestomitzer Anlage ist dagegen zwischen Wasservorlagen und Kessel noch ein Rauchgasvorwärmer eingeschaltet, der das Speisewasser leicht auf 180 °C und darüber erwärmen kann. Bei den starken Schwankungen im Verbrauch an Koch- und Heizdampf ist es in Grusbach notwendig, den Gegendruckregler der Turbine in Tätigkeit zu setzen, da der Geschwindigkeitsregler sonst bei zunehmendem Abdampfverbrauch und sinkendem Gegendruck die Frischdampfzufuhr verringert. Auch zwischen den Abhitzekesseln und dem Niederdruckdampfsammler von 2 at ist ein empfindliches Ventil, z. B. der Arca-Regler, am Platze, damit die Abhitzekessel ihren Niederdruckdampf immer erst abgeben, wenn viel Kochdampf gebraucht wird. Bisher hat ein Versuch in der laufenden Kampagne bei Messung durch Meßflansch ergeben, daß der Gütegrad der Vielradturbine bis zur Kupplung ohne die Verluste in den Ventilen bei ¾ Last etwa 80 vH beträgt, was etwa mit den Nestomitzer Messungen übereinstimmt. Die Abhitzekessel haben den Wirkungsgrad der Kesselanlage von 74 auf fast 85 vH erhöht.

Die Grusbacher Zuckerfabrik wird demnächst noch weitere Schrägrohrkessel und noch einen Turbosatz der Ersten Brünner aufstellen.

Wie die Abfallenergie vom Überlandnetz der Westmährischen Elektrizitätswerke verwertet wird, geht ebenfalls aus dem Plan Abb. 2 hervor. Die Abfallenergie wird wie in Nestomitz auf Grund eines Kilowattstundenpreises, der dem größeren Teil der Kohlenkosten einer Kondensationsanlage, also fast 1 kg Steinkohle, entspricht, und einer monatlichen Grundgebühr für 1 kW der im Mittel gelieferten Leistung berechnet; diese Grundgebühr ist etwa der Betrag, der sich aus der üblichen Grundgebühr für 1 kW Höchstleistung ergibt. Für die Kraft, die die Grusbacher Zuckerfabrik umgekehrt aus dem Überlandnetz bezieht, wird ihr natürlich ein Mehrfaches dieses Strompreises angerechnet.

Abb. 4. Regler für die Brenngeschwindigkeit und den Unterdruck im Feuerraum.

a Membran-Dampfdruckmesser *b* Luftklappe *c* Rauchschieber.

In Abb. 2 sind außer dem Hauptkraftwerk Oslavan am Kukla-Kohlenschacht verschiedene kleine Wasserkraftwerke, ferner die großen geplanten Thaya-Talsperren, die als Ausgleich- und Spitzenwerke wirken werden, sowie die Rohrbacher Zuckerraffinerie und das in Brünn geplante große Industrie-Fernheizwerk eingezeichnet. Vereinzelt werden die Kraftwerke der Zuckerraffinerien auch außerhalb der Kampagne zur Stromlieferung herangezogen, wenn Störungen im Hauptwerk auftreten. Daß man die Stromerzeuger der Industriewerke als Phasenschieber verwendet, habe ich schon erwähnt.

Wie die Industriekraftwerke mit Abdampfverwertung auszurüsten sind, wenn sie in der Kampagne mit Auspuff und Abdampfverwertung, außerhalb der Kampagne aber mit Kondensation arbeiten, zeigt Abb. 3, woraus alle möglichen Umschaltungen zu ersehen sind. Neben der Gegendruckturbine steht eine eigene Niederdruckturbine mit Kondensator, die aus dem Niederdruck-Dampfsammler gespeist wird.

Die wiederholt erwähnte Nestomitzer Zuckerraffinerie hat kürzlich zur weiteren Verbesserung der Wärmewirtschaft die Kesselregler von E. Roučka in Blansko, Mähren, eingebaut. Diese Einrichtung ist schon seit einiger Zeit im Kesselhaus des städtischen Elektrizitätswerkes Prag im Betrieb und hat zu einer wesentlichen Steigerung des Gesamtwirkungsgrades im Kesselhaus geführt. Der Kesselregler macht das Kesselhaus ganz und gar selbsttätig, der Heizer hat nur noch die Überwachungsgeräte, Multimeter genannt, zu beobachten. Der Kesselregler setzt sich aus drei Reglern zusammen: Dem Regler für die Brenngeschwindigkeit, Abb. 4, der mit Hilfe eines sehr empfindlichen Membran-Dampfdruckmessers *a* selbsttätig die Zufuhr der Verbrennungsluft durch Verstellen der Luftklappe *b* vor dem Rost und des Rauchschiebers *c* hinter dem Kessel so einstellt, daß der Druck konstant bleibt, und dem Regler für die Brennstoffzufuhr, Abb. 5, der bei einer Änderung des Verhältnisses zwischen der Dampfströmung und der Luftströmung die zugeführte Brennstoffmenge ändert, z. B. beim Kettenrost die Rostgeschwindigkeit und die Schütthöhe beeinflußt. In Abb. 5 ist *a* ein Dampfmesser, *b* ein Verbrennungsluftmesser; sie wirken differentiell auf den Hebel *c*. Entspricht das Verhältnis von Dampf zu Luft der vollkommenen Verbrennung, so bleibt der Hebel *c* in der Mittelllage; ist nicht richtig, so verdreht er sich und verstellt mittels des sonst verständlichen Getriebes die Brennstoffzufuhr im richtigen Sinn. Als dritter Regler stellt der Speisewasserregler, Abb. 6, nach bekannten Methoden mittels eines Schwimmers das Ventil *a* für die Speisewasserzufuhr so ein, daß der Wasserspiegel im Kessel unverändert bleibt.

Ob alles in Ordnung ist, erkennt der Maschinist an einer Meßgerätsäule mit acht Teilungen, Multimeter genannt, Abb. 7, woran er bequem Dampfdruck, Überhitzung über der Sättigungstemperatur, Vorwärmung des Speisewassers, Wassermenge, Dampfmenge und Luftmenge, alle in kg/m², dann die Rauchgastemperatur und den CO_2-Gehalt ablesen kann. Die Überwachungsgeräte sind sehr kräftig gebaut und werden mit Preßöl gesteuert; der Regler arbeitet so rasch wie der bekannte elektrische Schnellregler (Tirrilregler). Die Einrichtung ist in vorbildlicher Folgerichtigkeit durchgeführt und hat schon wesentliche Kohlenersparnisse herbeigeführt. Bei einem großen Kraftwerk braucht man gewöhnlich mit der Einrichtung nur wenige Kessel zu versehen, nämlich diejenigen, welche die Schwankungen aufnehmen müssen, während die übrigen Kessel dauernd mit der Grundbelastung arbeiten.

Bei Messungen an Dampfturbinen ist es immer wichtig, die Verluste der angetriebenen elektrischen Stromerzeuger, gewöhnlich Drehstromerzeuger, genau zu kennen. Die alte Ermittlung der Einzelverluste ist dazu ungeeignet, weil in der Regel hohe zusätzliche Verluste auftreten. Ich habe drei Verfahren hierfür als einwandfrei und ziemlich übereinstimmend erprobt:

1. Die Messung mit geeichtem Hilfsmotor, am besten mit einem Gleichstrom-Hilfsmotor, der den Drehstromerzeuger einmal unerregt, dann im sogenannten Leer-

Abb. 5. Regler für die Brennstoffzufuhr.
a Dampfmesser
b Verbrennungsluftmesser
c Hebel

Abb. 6. Speisewasserregler.
a Speisewasserventil.

Abb. 7. Meßgerätesäule mit 8 Teilungen.

lauf bei verschiedenen Erregungen und dann kurzgeschlossen bei verschieden starken der Vollast entsprechenden Kurzschlußströmen I antreibt; dabei wird immer die dem Hilfsmotor zugeführte Leistung gemessen und der Eigenverlust des Hilfsmotors jeweils abgezogen. Die Erregung des Drehstromerzeugers entnimmt man immer einer fremden Stromquelle. Aus diesen Messungen erhält man bei normaler Spannung die Leerverluste P_0 und bei normaler Stromstärke die Kurzschluß- oder Kupferverluste P_k; den Erregerstrom I_e mißt man bei voller Last und beim verlangten $\cos\varphi$ im Betrieb, oder man errechnet ihn aus der Leerlauf- und Kurzschlußcharakteristik mit geeigneten Erfahrungszahlen; ist E_e die Erregerspannung, so ist der Erregungsverlust genügend genau $P_e = I_e(E_e + 2$ bis 3 Volt), die Leerverluste der Erregermaschine sind in P_0 enthalten. Mit der abgegebenen Leistung P_n ist dann der Wirkungsgrad $\eta = P_n : (P_n + P_0 + P_k + P_e)$.

2. Messung als unter- und übererregter Synchronmotor: Man mißt zunächst die dem Stromerzeuger als Motor bei Leerlauf und $\cos\varphi = 1$ zugeführte Leerlaufleistung P_0 bei normaler Klemmenspannung E, dann mißt man bei starker Untererregung und $\cos\varphi \sim 0$ und voller Stromstärke I die zugeführte Leistung P_1, wobei die Erregung fremd ist. Anschließend führt man dieselbe Messung bei starker Übererregung, $\cos\varphi = 0$ und demselben Strom I aus, wobei sich eine Leistung P_2 ergibt. Dann sind die Kupferverluste beim Strom I genügend genau $P_k = \frac{P_1 - P_2}{2} - P_0$; daraus wird der Wirkungsgrad wie unter 1 berechnet.

3. Messung mit Auslaufversuchen: Man mißt zunächst die Leerlaufverluste P_0 bei Betrieb des Stromerzeugers als Synchronmotor bei $\cos\varphi = 1$ wie unter 2. Dann läßt man den Stromerzeuger mit derselben Erregung, also auch denselben Leerverlusten P_0 auslaufen, woraus sich die Auslaufkonstante oder das Trägheitsmoment der Maschine ergibt. Dann kann man einen Auslaufversuch bei kurzgeschlossenem Stromerzeuger durchführen und daraus die Kupferverluste P_k ermitteln, worauf wieder wie unter 1 der Wirkungsgrad gefunden wird.

Daß bei Netzen wie in Abb. 2, wo viele Kraftwerke in ein gemeinsames Netz arbeiten, eine zuverlässige Fernsprechverbindung aller Werke bei Tag und Nacht notwendig ist, braucht wohl nicht besonders betont zu werden. Dazu eignen sich die Telephonleitungen am Hochspannungsgestänge nicht. Das Beste ist es, von der Postverwaltung eigene Telephonleitungen nach allen Werken zur ausschließlichen Benutzung legen zu lassen. [B 417]

Die Dampfkesselexplosionen im Deutschen Reiche während des Jahres 1924[1].

In den Dampfkesselbetrieben innerhalb des Deutschen Reichsgebietes sind im Jahre 1924 acht Explosionen festgestellt worden. Hiervon sind fünf durch Wassermangel, zwei durch Ablagerung von Schlamm und Kesselstein veranlaßt worden, während in einem Falle mangelhafte Blechbeschaffenheit als Ursache angenommen wurde. Drei Personen sind getötet, drei schwer und vier leicht verletzt worden.

Die beschädigten Kessel waren:

1. Stehender Feuerbüchsenkessel mit Heizröhren, erbaut 1894, Heizfläche 26 m², Rostfläche 0,77 m², Betriebsdruck 7 at. Bei der Explosion in der Bautischlerei von Lenke in Liegnitz am 12. März 1924 wurde die Feuerbüchse 25 cm tief eingebeult und in einer Länge von 50 cm aufgerissen. Ursache ist Wassermangel. Anzeichen hierfür sind die blaue Anlauffarbe des gerissenen Bleches und der abgesprungene Kesselstein. Die Bruchfläche des Bleches zeigte eine schieferartige Beschaffenheit.

2. Schiffskessel, Zweiflammrohrkessel mit rückkehrenden Feuerrohren, erbaut 1894, Heizfläche 109 m², Rostfläche 3,6 m², Betriebsdruck 12 at. Die Explosion auf dem Schlepper Magda im Hafen von Emden am 10. Mai 1924 ist auf schlechte Beschaffenheit von Flammrohrblechen zurückzuführen. Die angestellten Zerreißversuche ergaben eine Festigkeit von 28,3 bis 36,9 kg/mm² bei einer Dehnung von nur 4,5 bis 8,3 vH. Ein Schuß des linksseitigen Flammrohres ist, anscheinend von einem alten Krempenbruch ausgehend, in der Krempe an der Adamsonschen Versteifung abgerissen. Infolge eines hinzukommenden Schrägrisses hat sich ein Lappen gebildet, der unter mehrfacher Faltung durchgebeult wurde. Die Bruchränder waren scharf ausgezackt und ließen vielfach Doppelungen im Blech erkennen. Der ganze Kessel wurde aus dem Schiff gehoben und 50 m weit geschleudert. Eine Person wurde getötet, zwei Personen wurden schwer, zwei leicht verletzt.

3. Liegender Feuerbüchsenkessel, erbaut 1921, Heizfläche 53 m², Rostfläche 3,6 m², Betriebsdruck 12 at. Der Baustoff des Kessels ist Flußeisen von 34 bis 41 kg/mm² Festigkeit und 32,5 vH Dehnung. Die Explosion am 19. Mai 1924 in dem Dampfsägewerk von Barnewitz in Hohenlychen, Kreis Templin, ist durch Wassermangel verursacht worden. Die eingedrückte Feuerbüchse zeigt eine Rißöffnung von 400 × 100 mm² Fläche. Eine Person wurde getötet.

4. Zweiflammrohrkessel, erbaut 1903, Heizfläche 100 m², Rostfläche 4 m², Betriebsdruck 10 at. Bei der Explosion in der Braunkohlenanlage der Gewerkschaft Leipzig-Dölitzer Kohlenwerke in Leipzig-Dölitz am 3. August 1924 wurde ein Flammrohr aufgerissen, während beide Flammrohre tiefe Einbeulungen erhielten. Ursache ist Wassermangel, der auf Täuschung des Kesselwärters zurückzuführen ist. Die Zuführungsrohre der Wasserstandvorrichtung (Klingerscher Bauart) waren fast vollständig verschlammt. In den Wasserstandgläsern hatte sich viel Schmutz abgesetzt. Die in Aussicht genommene Reinigungsanlage für das Speisewasser war am Tage des Unfalles noch nicht im Betrieb.

5. Lokomotivkessel, erbaut 1912, Heizfläche 18,3 m², Rostfläche 0,35 m², Betriebsdruck 12 at, gehörte zu einer Lokomotive, die zur Erdbewegung bei einer Eindeichung im Kreise Labiau benutzt wurde. Bei der Explosion am 8. September 1924 wurde die kupferne Feuerkiste zerstört und der Dampferzeuger vom Fahrgestell 13 m vorwärts geschleudert. Ursache ist örtliche Überhitzung der inneren Feuerbuchswand. Durch abgelagerten Schlamm und zusammengebackene Kesselsteinsplitter hatten sich zwischen den Stehbolzen gefährliche Nester gebildet, wodurch ein Stehbolzenfeld zerstört wurde. Infolgedessen hatte sich eine weich gewordene kupferne Feuerbuchsseitenwand ausgebeult, während die Decke teilweise herabgezogen wurde. Eine Person wurde schwer, zwei Personen wurden leicht verletzt.

6. Zweiflammrohrkessel, erbaut 1902, Heizfläche 96,42 m², Rostfläche 5,28 m², Betriebsdruck 11 at. Bei der Explosion in der Papierfabrik Bernsbach in Aue i. E. am 15. September 1924 wurde der Wellrohrschuß des linken Flammrohres in einer Länge von 1200 mm aufgerissen. Das Blech ist von der ursprünglichen Dicke von 12 mm bis auf 2 mm gedehnt worden. Die deutlich erkennbare Anlauffarbe des Eisens ließ anfänglich Wassermangel als Explosionsursache vermuten. Mehrfaches Befahren des Kessels ergab aber folgendes: Infolge des schlammhaltigen Speisewässers — Holzschlamm aus den Holzschleifereien — hat sich eine den Wärmeübergang außerordentlich hindernde Deckenschicht angesammelt, die nach Bildung einer Beule abgesprungen ist; es wurden Schlammschalen von 12 mm Dicke gefunden. Später haben sich vertiefte und vergrößerte Beulen gebildet, bis das durch Dehnung geschwächte Kesselblech nicht mehr widerstand. Im linken Flammrohr war das ringförmige Schutzmauerwerk eingestürzt, wodurch die Beulenbildung begünstigt wurde. Die Vorfeuerung hat es dem Heizer unmöglich gemacht, die Beulenbildung zu bemerken. Der Kesselkörper ist um 5° nach links verdreht und 250 mm rückwärts verschoben worden. Eine Person wurde getötet.

7. Zweiflammrohrkessel, erbaut 1883, Heizfläche 58 m², Rostfläche 2 m², Betriebsdruck 5 at. Bei der Explosion in der Weberei von F. A. Martin A.-G. in Sorau am 10. November 1924 ist das linke Flammrohr im Scheitel aufgerissen, wobei sich eine Öffnung von 200 × 405 mm² gebildet hat. Ursache ist Wassermangel infolge scheinbaren Wasserstandes. Die Verbindung des Kesselraumes mit dem unteren Wasserstandhahn war durch Schlammablagerungen vollkommen unterbrochen.

8. Liegender Feuerbüchsenkessel mit ausziehbaren Rohren, erbaut 1900, Heizfläche 56 m², Rostfläche 1 m², Betriebsdruck 9,5 at. Bei der Explosion im Städtischen Elektrizitätswerk in Reichenbach i. Schl. am 23. Dezember 1924 wurde die Wellrohrfeuerbüchse in ihrer ganzen Länge eingebeult und in einer Ausdehnung von 0,5 m quer aufgerissen. Ursache ist Wassermangel. Der Kesselwärter hat in der üblichen Weise vor dem Anheizen das Anschlußventil an die unter 2,5 at Druck stehende städtische Wasserleitung zum Auffüllen des Kessels geöffnet und dann unbekümmert angefeuert. An jenem Tage war ausnahmsweise der Druck in dem noch halbwarmen Kessel höher als 2,5 at.

Aus dem Jahre 1923/2 ist nachzutragen:

Zweiflammrohrkessel, erbaut 1901, Heizfläche 95 m², Rostfläche 5,6 m², Betriebsdruck 9 at. Bei der Explosion in der Brikettfabrik der Ilse Bergbau A.-G. in Sedlitz, Kreis Calau, am 25. Mai 1923 ist die Längsnaht eines Mantelschusses aufgerissen; außerdem wurden mehrere Risse in den Nietstegen und strahlenförmige Nietlochrisse festgestellt. Die Ursache kann nur in einer Mangelhaftigkeit des Bleches und in Bearbeitungsfehlern vermutet werden. Eine Person wurde leicht verletzt. [N 601] S.

[1] Vierteljahrshefte zur Statistik des Deutschen Reiches 1925, Heft 2.

Der Stand des Motorpflugwesens.

Von Professor Dr. Martiny, Halle.

(Forts. von S. 833.)

b. Der Toro-Pflug.

Der Toro-Pflug, Abb. 13 und 14, ist ein vierrädriges Motorfahrzeug, an dem ein Kipp-Pflug um eine Querachse kippbar und in der Wagerechten etwas schwenkbar befestigt ist. Er fährt, ähnlich wie der Kipp-Pflug eines Dampfpflugsatzes, an der Furche hin und her, ohne am Vorgewende zu wenden. Der Kipp-Pflug wird am Vorgewende durch eine Handwinde gekippt. Eine in die Winde eingeschaltete Feder ermöglicht, die Pflugkörper nachgiebig und mit einer in der Stärke verstellbaren Kraft in den Boden zu drücken. Die Verstellbarkeit gibt die vorteilhafte Möglichkeit, auf steinigem Boden den Anpressungsdruck kleiner zu nehmen, als er für nichtsteinigen Boden zur Erzielung einer gleichmäßigen Furchentiefe erwünscht ist, und dadurch das Ausspringen beim Auftreffen auf einen Stein zu erleichtern. Die Bauart als Kipp-Pflug ist grundsätzlich geeignet, den Zeitverlust am Vorgewende auf das kleinste Maß zu beschränken. Sobald eine Prüfung des Motorpfluges erfolgt, wird, abgesehen von den selbstverständlichen Feststellungen wie derjenigen der Haltbarkeit, besonders darauf zu achten sein, ob der Umstand, daß bei der Hinfahrt die Triebräder, bei der Rückfahrt die Lenkräder hinten gehen, die Erzielung einer geraden Furche erschwert und ob der Unterschied der Belastung, die die Triebradachse bei der Hinfahrt und bei der Rückfahrt erleidet (hervorgerufen durch die Umkehr der Momente des Fahrwiderstandes und des Pflugwiderstandes) die Adhäsion der Triebräder und die Längsstabilität des Fahrzeuges beeinträchtigt.

2. Der Cerva-Motorpflug.

Dieser nach schwedischem Vorbild gebaute Motorpflug, Abb. 15 bis 17, bezweckt eine Unempfindlichkeit gegen Steine. Jeder Pflugkörper kann, wenn er auf ein Hindernis stößt, sich heben, zur Seite gehen, oder sich drehen. Wenn er sich aber am Stein festhakt, so bleibt er, da er mit einer Feder angehängt ist, zurück und rückt, wenn er ein bestimmtes Stück zurückgeblieben ist, die Kupplung aus. Durch Schließen der Kupplung und Rückwärtsfahrt wird der Motorpflug wieder flott. Diese Anordnung hat einen Vorzug vor einer andern, bei der die Pflugkörper starr miteinander verbunden und gemeinschaftlich an eine Feder angehängt sind, die, über eine gewisse Grenze gespannt, zur Ausrückung der Kupplung führt. Denn bei dieser Anordnung kann beim Auftreffen eines Pflugkörpers auf einen Stein fast der ganze Widerstand sich auf diesen einen Pflugkörper vereinigen, so daß er bei einem n-scharigen Pfluge annähernd das n-fache seines regelrechten Arbeitswiderstandes aushalten muß, ehe die Möglichkeit gegeben ist, die Ausrückung zu betätigen. Jeder Pflugköper wird motorisch einzeln ausgehoben. Sobald der Führer die Aushebevorrichtung eingerückt hat, wird zunächst der vorderste Pflugkörper ausgehoben, dann der zweite, dann der dritte, derart, daß die Aushebung für alle Pflugkörper in derselben Querlinie des Ackers erfolgt. In entsprechender Weise werden auch die Pflugkörper eingesetzt. Dadurch wird die zickzackförmige Begrenzungslinie zwischen Vorgewende und gepflügtem Lande vermieden, die sonst bei Mehrscharpflügen auftritt. Die Triebräder kann man einzeln bremsen, um unter schwierigen Ackerverhältnissen das Lenkrad in der Lenkung zu unterstützen. Um die Zwängung zu vermeiden, die entstehen würde, wenn die einseitige Bremsung stärker betätigt wird, als es dem augenblicklichen Steuerungsausschlag des Lenkrades entspricht, ist das Lenkrad als Schwenkrad ausgebildet und hat keine Selbstsperrung im Steuerantrieb vom Handrad aus. Der Führer ist infolgedessen in der Lage, beim Anziehen der einen Bremse das Handsteuerrad loszulassen, so daß sich das Lenkrad von selbst so einstellt, wie das einseitig gebremste Triebradpaar es wünscht.

Besondere Aufmerksamkeit muß beim Entwurf bei der vorliegenden Anordnung auf das Gleichgewicht in der lotrechten Längsebene gelegt werden. Wie bei jedem Schlepp-Pflug, so wird auch beim Cerva-Pflug durch den Fahrwiderstand das vordere Lenkrad entlastet, während die hinteren Triebräder zusätzlich belastet werden; ferner wird durch den oberhalb des Eingriffsorts der Greifer liegenden Angriffspunkt der Pfluggrindel am Fahrzeuggestell die genannte Ent- und Belastung noch verstärkt. (Es ist ein weitverbreiteter Irrtum, zu glauben, daß der Widerstand der Pflugkörper entlastend auf die Triebräder einwirke, sobald er unterhalb der Triebradachse am Fahrgestell angreift.) Wegen dieser Veränderungen der Raddrücke hat es sich als zweckmäßig herausgestellt, in der Ruhelage ⅓ des Eigengewichts auf die vorderen Lenkräder, ⅔ auf die hinteren Triebräder der Schlepper zu legen. Beim Cerva-Motorpflug kommt zu den genannten Belastungsverschiebungen noch eine weitere dadurch, daß das Gewicht der Pflugkörper im ausgehobenen Zustand am Fahrzeugrahmen hängt, beim Pflügen dagegen im Boden schwebt. Es muß daher bei einem Motorpfluge vorliegender Bauart geprüft werden, ob nicht etwa der bei Leerfahrt nötige Vorderradruck einen zu großen Vorder- und zu kleinen Hinterradruck beim Pflügen zur Folge hat, was den Fahrwiderstand vermehrt und die Durchzugskraft der Triebräder vermindert.

3. Der MTW-Raupenschlepper.

Bei den üblichen Raupen würde, wenn die Kette nicht straff gespannt wäre, jedes einzelne Kettenglied durch die darüber hinweglaufenden Tragrollen in eine wippende Bewegung versetzt, die den Boden kneten und an den Kettengliedern Reibung hervorrufen würde. Das Spannen ruft

RZ113Z13 RZ113Z14

Abb. 13 und 14. Toro-Pflug.

Abb. 15. Cerva-Motorpflug der Wesselmann-Bohrer-Co. in Gera-Zwötzen.

aber ebenfalls eine Reibung hervor. Die wippende Beweglichkeit vermeidet, in anderer Weise als es bereits der Orion-Schlepper[1] getan hat, der Raupenschlepper der Moorburger Trecker-Werke in Moorburg-Hamburg dadurch, daß das Gewicht der Zugmaschine auf die Raupenkette nicht durch einzelne Tragrollen (geometrisch: Punkte), sondern durch eine starre Längsschiene (geometrisch: Gerade) abgesetzt wird, Abb. 18 und 19. Zwischen die Längsschiene und das Raupengleise ist ein Rollenband geschaltet, das endlos ausgebildet ist, so daß ein plattgedrücktes Rollenlager entsteht.

Eine weitere Eigenart des MTW-Raupenschleppers ist die Möglichkeit, daß die beiden Raupen unabhängig voneinander in der senkrechten Ebene um die hintere Achse schwingen, sich also windschief zu einander stellen und damit auf unebenem Boden Verwindungen des Fahrzeuggestells vermeiden und das Gewicht gleichmäßiger auf den Boden absetzen können, Abb. 20.

[1] Vergl. Martiny, Die Motorpflüge, Berlin 1917, Bd. I S. 215.

Abb. 16. Cerva-Motorpflug.

a Rahmen
b Hilfsrahmen
c Hinterachsgehäuse
d Kegelräderwerk
e Wechselräderwerk
f Bremsen
g Pflugheber
h Schaltung am Pflugheber
i Land- und Furchenrad
k Lenkung
l Scharfederung und Tiefenstellung
m Schar und Scharführung

Abb. 17. Grindel des Cerva-Motorpfluges.

4. Die Gutsfräse der Siemens Schuckert-Werke.

Über die Grundsätze des Fräsens siehe S. 830. Während die erste in Deutschland ausgebildete Fräse, nämlich der Landbaumotor von Lanz, mit starr befestigten Hauen arbeitet, verwendet die nach v. Meyenburg gebaute SSW-Fräse, Abb. 21, Krallen, Abb. 22, die an Schraubenfedern sitzen und dazu dienen, den durch Steine des Ackerbodens entstehenden Stoß gleich am Orte des Entstehens abzufedern, ähnlich wie es der Luftreifen der Fahrräder mit den Stößen des Pflasters tut. Die Krallen, die im Gegensatz zum Schneidvorgang der Hauen mehr ein Reißen bewirken, bezwecken, den Boden fein zu krümeln. Sie sind auf ihren federnden Haltern, den sogenannten Tatzen, durch Klemmhülsen befestigt, damit sie bei etwaigem Bruch leicht ausgewechselt werden können, Abb. 23 und 24[1]). Die Fräswalze ist mit einem Schutzgehäuse umgeben, Abb. 25, das ein Hochschleudern von Erde verhindert, mit den Kufen seiner Seitenwände schwach auf dem Boden aufliegt und eine Tiefenführung gibt. Das schwache Aufliegen wird dadurch erreicht, daß das Schutzgehäuse am Fahrzeug mit einer Feder aufgehängt ist, die es fast im Gleichgewicht hält. Dadurch wird bezweckt, daß einerseits die Kufen nicht zu sehr in den lockeren Boden einschneiden, anderseits die augenblickliche, durch Bodenunebenheiten bedingte Lage des Fahrzeuges nicht zu großen Einfluß auf die Höhenlage der Fräswelle hat. Einstellungen auf verschiedenen Tiefgang werden durch Verstellung der Kufen und der Feder bewirkt. Das an der Feder pendelnd aufgehängte Schutzgehäuse ist gegen Kippen durch Pufferfedern gestützt, die auch die Aufgabe haben, das nicht unbeträchtliche Drehmoment des von einer Längswelle erfolgenden Kegelradantriebes der Fräswelle aufzunehmen.

Das Fahrzeug hat hinten zwei Triebräder und vorn ein Lenkrad. Die Greifer der Triebräder, die nur geringe Triebkräfte abzusetzen haben, sind so gestaltet, daß auf der Mitte des Mantels ein glatter Laufkranz liegt, gegen den die an beiden Seiten befindlichen eigentlichen Greifer zurücktreten; auf der Straße läuft der Mittelkranz, ohne daß die eigentlichen Greifer die Fahrbahn berühren; im weichen Ackerboden sinkt der Mittelkranz soweit ein, daß die eigentlichen Greifer zur Wirkung kommen. Damit sich die Greifer in klebendem Boden nicht vollsetzen, überragen sie den Rand

[1] Inzwischen hat Siemens-Schuckert sein neues Werkzeug entwickelt, bei dem die zwei Schraubenfedern zu einem Stück vereinigt sind, das Schloß wegfällt, und die Kralle mit einer Oese auf die Tatze aufgesteckt wird

Abb. 18. Gewöhnlicher Raupenschlepper.

Abb. 19. MTW-Raupenschlepper.

Abb. 18 und 19. MTW-Raupenschlepper (Moorburger Trecker-Werke, Moorburg b. Hamburg) verglichen mit gewöhnlichem Raupenschlepper. Theoretische Linie der Raupe.

Abb. 22. Schema der Bodenfräse.

Kralle
Schloß
Tatze
137 ⌀
12 ⌀

Abb. 23 und 24. Befestigung des Arbeitswerkzeugs der SSW-Fräse.

des durchgehenden Mantels. Ein Ausgleichgetriebe ist nicht vorhanden. Jedes Triebrad ist mit einer Klauenkupplung an die Welle angeschlossen. Wenn die Fräse an das Ende eines Arbeitsganges gekommen ist, kuppelt der Führer das eine Triebrad aus und wendet am Orte, worauf die Fräse neben dem eben bearbeiteten Ackerstreifen in umgekehrter Richtung arbeitet. Die Anordnung von Klauenkupplungen ist unbedenklich; denn die Kraft zum Auskuppeln ist bei der Fräse geringer als bei einem Scharpflug, weil die Triebräder die Arbeitsbewegung nicht hervorzurufen brauchen. Das vor dem Wenden erforderliche Ausheben der Fräswalze geschieht motorisch mit selbsttätiger Auskupplung in der höchsten Lage. Für die Anpassung der Fräse an die verlangte, von Boden und Fruchtart abhängige Krümelungsfeinheit steht grundsätzlich eine Veränderung der Bissengröße und der Krallengeschwindigkeit zur Verfügung (und zwar wird eine feinere Krümelung durch kleinere Bissen und größere Krallengeschwindigkeit bewirkt). Damit die Motorleistung bei verschiedener Bodenbeschaffenheit, Arbeitstiefe und Krümelungsfeinheit gleich ausgenutzt werden kann, steht grundsätzlich eine Veränderung der Fahrgeschwindigkeit und der Arbeitsbreite der Fräse zur Verfügung. Damit man bei einer für zweckmäßig erachteten Bissengröße und Krallengeschwindigkeit die durch die Motorleistung und die Arbeitsbreite bedingte Fahrgeschwindigkeit anwenden kann, steht grundsätzlich zur Verfügung eine Änderung des Verhältnisses der Umlaufzahlen der Triebräder und der Fräswelle, ferner eine Veränderung der Zahl der auf die Einheit der Arbeitsbreite entfallenden Krallen. Hieraus folgt: will man bei verschiedener Bodenbeschaffenheit und Arbeitstiefe eine wirtschaftliche Ausnutzung des Motors und eine bestimmte Bissengröße sowie eine bestimmte Krallengeschwindigkeit erzielen, so braucht man folgende Verstellungsmöglichkeiten: 1. verschiedene Fahrgeschwindigkeitsstufen; 2. verschiedene minutliche Fräswellenumlaufzahlen; 3. verschiedene Arbeitsbreite oder verschiedene Zahl der Krallen je Einheit der Arbeitsbreite. Bei der Gutsfräse sind folgende Verstellungen vorhanden: 1. Fahrgeschwindigkeiten 0,45, 0,6, 1,07 m/s; 2. Fräswellenumlaufzahlen

Abb. 20. Windschiefe Stellung der beiden Raupen des MTW-Raupenschleppers.

Abb. 21. Gutsfräse nach v. Meyenburg der SSW.

RZ113Z25

Abb. 25. Fräswalze mit abgenommenem Seitenschild.

RZ113Z27

Abb. 27. Gartenfräse der SSW mit Verbrennungsmotor.

RZ113Z26

Abb. 26. Amstea-Beemann-Schlepper beim Pflügen im Obstgarten.

RZ113Z28

Abb. 28. Gartenfräse der SSW mit Elektromotor.

150, 180 Uml./min. Die unter 3. genannte Veränderung der Arbeitsbreite oder der spezifischen Krallenzahl wird nicht angewandt. Hieraus ergeben sich, wenn man die kleinere Krallengeschwindigkeit mit v und die kleinste Bissengröße mit s bezeichnet, folgende Verhältnisse der Bissengrößen:

Fahrgeschwindigkeit		0,45 m/s	0,6 m/s	1.07 m/s
Krallengeschwindigkeit[1]	$1,2\ v$	s	$1.33\ s$	$2,38\ s$
	v	$1,2\ s$	$1,6\ s$	$2,86\ s$

Die Anpassung an die Schwere der Arbeit (Grenzen: geringe Arbeitstiefe auf leichtem Boden, große Arbeitstiefe auf schwerem Boden) wird, weil die Arbeitsbreite unveränderlich ist, durch Veränderung der Fahrgeschwindigkeit zwischen 0,45 und 1,07 m/s bewirkt. Der hiermit verbundenen Veränderung der Bissengröße kann durch Änderung der Krallengeschwindigkeit nur im Verhältnis 1,2 begegnet werden, so daß diejenigen Bissengrößen, zu denen man durch die Rücksicht auf Durchzugkraft und Ausnutzung des Motors gezwungen werden kann, im Verhältnis 2,38 : 1,2 = 2 stehen. Die Erfahrung muß zeigen, inwieweit hierbei die landwirtschaftlichen Bedürfnisse, aus denen die obengenannten Forderungen abgeleitet sind, praktisch erfüllt werden. Die Aufgabe, eine bestimmte Krümelung in Einklang zu bringen mit der Forderung, bei gegebener Schwere der Arbeit den Motor voll auszunutzen, ist bei der Fräse schwieriger als beim Scharderung, bei gegebener Schwere der Arbeit den Motor voll voneinander unabhängigen Arbeitsgängen (Pflügen, Eggen usw.), bei der Fräse in einem Arbeitsgang geschaffen wird und weil bei schwerer Winterpflugarbeit die zur Erreichung der Durchzugskraft verringerte Geschwindigkeit bei der Fräse eine feinere Krümelung, beim Scharpflug die sogenannte rauhe Furche ergibt, die weniger Leistung erfordert und anderseits von den meisten Landwirten als zulässig angesehen wird.

[1]) Abhängig von der Fräswellendrehzahl (180 oder 150 Uml./min).

5. Gärtnereimaschinen.

Die Bodenbearbeitung hat in Obstbaumpflanzungen eine große Bedeutung. Es ist erwünscht, dicht an die Baumstämme heranzukommen. Arbeitet man dabei mit einem Pferde, so stößt es gegen die Äste der Bäume. Zwei sehr kleine Motorpflüge, nämlich der Beemann-Trecker der Amstea, Abb. 26, und die Gartenfräse der Siemens-Schuckert-Werke mit verbrennungsmotorischem oder elektrischem Antrieb, Abb. 27 und 28, kommen infolge ihrer geringen Bauhöhe besser als Pferde unter den Ästen hindurch. Als Arbeitswerkzeuge dienen beim Beemann-Trecker in der Hauptsache ein Einscharpflug oder ein Grubber, bei der Gartenfräse die Frästrommel, die eine besonders intensive Arbeitsweise bezweckt. Beide Maschinen kommen auch für die Gartenarbeit in Betracht.

Bei der Bearbeitung des Bodens von Beeten, auf denen empfindliche Pflanzen in Reihen stehen, versagt der tierische Zug, sobald der lichte Zwischenraum zwischen zwei Reihen kleiner als etwa 30 cm ist, weil dann das Tier auf die Pflanzen tritt. Bei den Zugmaschinen ist es aber möglich, eine Reihe zwischen die beiden Triebräder zu nehmen, so daß man auch bei engerem Reihenabstand arbeiten kann.

Endlich bietet die Motormaschine die Möglichkeit, enger als mit dem Spanntier zu wenden und damit auf kleinen Beeten die Handbearbeitung zu ersetzen.

(Forts. folgt.) [B 113]

Graphische Behandlung der einfachen Gasgesetze.

Von Dr.-Ing. Br. Eck und Dipl.-Ing. E. Kayser, Aachen.

Es wird ein Verfahren angegeben, um die Hauptzustandsgleichung für ideale Gase graphisch auszuwerten. Die allgemeinen polytropen Zustandsänderungen können hierbei in einfacher Weise berücksichtigt werden. Zur Ermittlung der Arbeit eines idealen Gases wird ein ähnliches Verfahren angegeben.

Die vielfache Verwendung der einfachen thermodynamischen Beziehungen und gewisser Zustandsgleichungen von idealen Gasen zwingt häufig zu zwar leichten, aber umständlichen Rechnungen, die durch graphische Verfahren umgangen werden können.

Sehr viele Gesetze der Thermodynamik enthalten funktionale Beziehungen, worin die Variablen oder Parameter als Faktoren oder Potenzzahlen auftreten. Solche Gleichungen lassen sich leicht logarithmisch berechnen, weil dann die Abhängigkeiten linear werden; z. B. die Gleichung der Isothermen $p\,v = C_1$ erhält durch Logarithmieren die Gestalt $\lg p + \lg v = \lg C_1$; wählt man also $\lg p$ und $\lg v$ als Koordinaten, so sind die Isothermen unter 45° geneigte Geraden, wie bereits bekannt ist. Die Adiabate $p\,v^k = C_2$ würde $\lg p + k \lg v = \lg C_2$ ergeben. Diese Geraden haben dann den Richtungstangens $\frac{1}{k}$, und jedem Wert von k ist eine Schar paralleler Geraden zugeordnet.

Die vorliegenden Rechnungen beziehen sich indes in der Hauptsache auf die Darstellung der Hauptzustandsgleichung von idealen Gasen $p\,v = R\,T$. Graphisch ließe sich diese Beziehung durch eine Schar räumlicher Flächen darstellen, wie man auch $p\,v =$ konst. durch eine Schar von Hyperbeln darstellen könnte. Durch Logarithmieren $\lg p + \lg v - \lg T = \lg R$ erhält man jedoch eine lineare Abhängigkeit und kann die Flächen durch Ebenen ersetzen.

Eine solche räumliche Darstellung ist jedoch praktisch undurchführbar. Man kann aber dafür eine ebene Nomographie angeben, indem man eine bekannte Eigenschaft des gleichseitigen Dreiecks benutzt. Fällt man nämlich von einem Punkt eines gleichseitigen Dreiecks Lote auf die Seiten, Abb. 1, so ist die Summe der drei Lote für jeden Punkt konstant und gleich der Höhe des Dreiecks; denn $\overline{C'O} = \overline{ED}$ und $\overline{CE'} = \overline{CF} = \overline{OB'}$, d. h. $\overline{OA'} + \overline{OB'} + \overline{OC} = \overline{OA'} + \overline{ED} + \overline{CF} =$ Dreieckshöhe, weil $\Delta\, CEE' \simeq CFE$. Liegt der Punkt außerhalb des Dreiecks, so muß man, wie die Hilfslinien andeuten, beim Beweis dieses Satzes berücksichtigen, daß das Lot, das nach dem Innern des Dreiecks hinweist, negativ zu nehmen ist.

Die Gleichung $\lg p + \lg v - \lg T = \lg R$ kann man nun in Dreieckkoordinaten darstellen, wenn $\lg p$, $\lg v$ und $-\lg T$ die Lote eines gleichseitigen Dreiecks von der Höhe $\lg R$ sind. Man braucht also nur zu den Dreieckseiten in geeigneten Abständen Parallelen zu ziehen, die nach $p_1, p_2, p_3, \ldots, v_1, v_2, v_3, \ldots$ und $T_1, T_2, \ldots$ geteilt sind, und kann aus einem solchen Diagramm p, v oder T sofort ablesen, wenn v und T, p und T oder p und v bekannt sind.

Da R nur für ein bestimmtes Gas konstant ist, gilt eine solche Darstellung nur für Gase mit gleichen Konstanten. Für jedes andre Gas müßte man andre Tafeln entwerfen. Man kann indes mit einem Normalblatt auskommen, das für alle Gaskonstanten verwendbar ist. Zu diesem Zweck entwirft man eine Tafel mit der Gaskonstanten 100. In einer solchen Tafel kann man dann v und T sofort ablesen, während man p erhält, indem man die abgelesenen Werte mit $\frac{R}{100}$ (bei Luft also 0,293) multipliziert. Man kann natürlich auch p und T direkt ablesen und v umrechnen.

$$p'\,v = 100\,T$$
$$p\,v = R\,T,$$
$$p = \frac{R}{100}\,p'.$$

Eine solche Tafel, Abb. 2, enthält also drei Scharen von Geraden, die unter 60° geneigt sind und den Änderungen bei konstantem Druck, bei konstantem Volumen und bei konstanter Temperatur entsprechen. Außerdem sind die polytropen Zustandsänderungen eingezeichnet, die sich ebenfalls als Gerade darstellen lassen.

Aus $p\,v^n = C$ folgt $\lg p + n \lg v = \lg C$. Ersetzt man in $\lg p + \lg v - \lg T = \lg R$ das Glied $\lg v$ durch $\lg v = \frac{\lg C - \lg p}{n}$, so erhält man:

$$\lg p + \frac{\lg C - \lg p}{n} - \lg T = \lg R$$

$$\left(1 - \frac{1}{n}\right) \lg p - \lg T = \lg R - \frac{\lg C}{n}.$$

Schreibt man für $\lg p = x$ und $\lg T = y$, so hat die letzte Gleichung die Gestalt $A\,x + B\,y = C'$. Dies ist die Gleichung einer Geraden in einem Koordinatensystem, dessen Achsen unter 60° stehen, Abb. 3. Die Koordinaten sind hier allerdings senkrecht zu den Achsen zu messen.

Eine bequeme Normalform für eine Gerade G gewinnt man durch Einführung des Lotes ϱ sowie der Winkel φ und ψ, die ϱ mit den Achsen bildet. Führt man zuerst die Ordinaten x', y' ein, so lautet die Gleichung der Geraden mit dem Lot ϱ, da $y' = \frac{y}{\sin\omega}$ und $x' = \frac{x}{\sin\omega}$,

$$x' \cos\varphi + y' \cos\psi = \varrho$$
$$x \cos\varphi + y \cos\psi = \varrho \sin\omega.$$

Durch Vergleich mit der obigen Gleichung findet man

$$1 - \frac{1}{n} = D \cos\varphi;\quad 1 = D \cos\psi$$

$$\left(1 - \frac{1}{n}\right) = \frac{\cos\varphi}{\cos\psi}.$$

Abb. 1. Darstellung der Zustandsgleichung im gleichseitigen Dreieck.

Abb. 2. Entwurf des Normalblattes für R = 100.

Abb. 3. Darstellung der Hauptzustandsgleichung.

Dies ist eine Bestimmungsgleichung für $\cos\varphi$, wofür man nach einigen Umrechnungen und unter Berücksichtigung von $\omega = 60^\circ$ erhält:

$$\cos\varphi = \frac{\sin\omega\left(1-\frac{1}{n}\right)}{\sqrt{\left(1-\frac{1}{n}\right)^2+1-\left(1-\frac{1}{n}\right)}}$$

$$= \frac{0{,}86603\,(n-1)}{\sqrt{n\,(n-1)+1}}.$$

Es läßt sich somit für jeden Wert von n ein Winkel φ berechnen und eine entsprechende Gerade einzeichnen.

Entsprechend der noch verfügbaren Konstanten C sind zu jeder derartigen Geraden unendlich viele Parallelen zu ziehen; um jedoch die Übersicht der ganzen Tafel nicht zu beeinträchtigen, kann man diese Parallelen weglassen, weil man sie z. B. mit zwei Dreiecken leicht ziehen kann. Die Richtungen dieser Geraden werden in der wirklichen Tafel, Abb. 4, durch Strahlenbündel für $n = 1$ bis $n = 1{,}8$ angegeben.

Soll z. B. von irgendeinem Punkt $p'\,T'$ eine Polytrope (n=1,31 gezogen werden, so entnimmt man die Richtung der Geraden 1,31 dem Strahlenbündel und legt durch den Punkt $p'\,T'$ hierzu eine Parallele. Man könnte auch ein um einen Punkt der Tafel drehbares durchsichtiges Blatt verwenden, worauf eine Schar von Parallelen aufgezeichnet ist und dessen Richtung nach einer Teilung festgesetzt wird. Das Verfahren dürfte aber nur in wenigen Fällen zweckmäßig sein.

Außer der Hauptzustandsgleichung ist auch die Arbeitsgleichung logarithmischer Behandlung zugänglich. Die bei Kompression (Expansion) aufgenommene (abgegebene) Arbeit ist unter Zugrundelegung einer Polytrope

$$L' = \frac{p_1 v_1}{n-1}\left[1-\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{(n-1)}\right]$$

$$= \frac{n}{n-1}\,G\,R\,[T_1 - T_2] = L_1' - L_2'.$$

Bezieht man die Arbeit auf 1 kg Gas, so erhält man

$$L = \frac{n}{n-1}\,R\,(T_1 - T_2)$$

$$= L_1 - L_2;\; L_1 = \frac{n}{n-1}\,R\,T_1$$

Das ist wieder eine Beziehung zwischen drei Unbekannten, L, n und T. Durch Logarithmieren erhält man $\lg L_1 - \lg\frac{n}{n-1} - \lg T = \lg R$, eine Beziehung, die man durch Dreieckkoordinaten darstellen kann, wenn $\lg R$ als Höhe des Dreiecks eingeführt wird. Auch hier empfiehlt es sich, als Konstante $R = 100$ einzusetzen. Man kann dann n und T in der wahren Größe, für L dagegen $L' = \frac{100\,L}{R}$ ablesen, s. Abb. 5.

Abb. 4. Druck-, Volumen-, Temperatur-Diagramm (verkleinert).

Ausführung der Tafeln.

Zeichnet man, ausgehend vom Grunddreieck mit der Höhe $\lg R$, die Lote $\lg p$, $\lg v - \lg T$ auf, Abb. 2, so sieht man, daß das für die Technik in Frage kommende Gebiet ganz außerhalb des Ausgangsdreiecks liegt. Die Grenzen für die Anwendung in der Praxis sind ungefähr Temperaturen zwischen -50° und $+850^\circ$ und Drücke von 1 vH Luftleere bis zu 100 at Überdruck. Diesen Bereich kann man wegen des unbequemen Formats in zwei Hälften übereinander anordnen, wovon die obere Drücke von 100 bis 1 at, die untere Drücke von 1 bis 0,01 at enthält. Bei der Ausrechnung der wirklichen Tafel wurden Briggsche Logarithmen verwendet und als Höhe des Dreiecks 32 cm zugrunde gelegt.

Auch bei der Arbeitstafel liegt der brauchbare Bereich außerhalb des Grunddreiecks, s. Abb. 6. Die Grenzen sind durch $n = 1{,}02$ bis $1{,}8$ festgelegt. Unter 1,02 zu gehen, hat wenig Zweck, da $n = 1{,}0$ im Unendlichen liegt. Die andre Begrenzung geben wieder die Temperaturen von -50° bis 850°C. Als Höhe des Dreiecks wurden 40 cm angenommen.

Abb. 5. Bestimmung der Arbeit bei polytroper Zustandsänderung.

Beispiele.

Für Luft mit der Gaskonstanten $R = 29{,}3$ seien gegeben:

a) $v = 2{,}2{,}3$ m²/kg und $p = 1{,}7$ at. Der Schnittpunkt der beiden Geraden, Abb. 4, liegt bei $t' = 116$, also $T' = 389$ °C und

$$T = \frac{T'}{0{,}293} = 1330; \quad t = 1057\,^0\text{C}.$$

b) $v = 0{,}9$ m²/kg und $t = 20$ °C; man liest ab $p = 3{,}3$ und berechnet $p = 0{,}293\,p' = 0{,}97$ at,

c) $p = 1{,}1$ at und $t = 40$ °C; es ergibt sich:

$v' = 2{,}85$ m³/kg und

$v\ = 0{,}293\ v' = 0{,}835$ m³/kg.

Will man das theoretische $p\,v$-Diagramm aufzeichnen, so muß man die einzelnen Punkte aus $p\,v = C$ oder $p\,v^n = C'$ berechnen, je nachdem isothermische oder polytropische Zustandsänderung vorliegt. Für die Isotherme liest man $p\,v$ an den Schnittpunkten mit der Geraden $t =$ konst. ab; für die Polytrope sucht man in dem Strahlenbüschel den dem Wert n entsprechenden Strahl auf und zieht durch den Anfangspunkt eine Parallele. Die Schnittpunkte mit dieser Geraden sind dann die gesuchten Werte von p, v.

Um die während einer Zustandsänderung abgegebene oder aufgenommene Wärme zu erhalten, muß man den Verlauf von n kennen. Zu diesem Zweck überträgt man, etwa auf durchsichtigem Papier, den Druckverlauf aus dem Indikatordiagramm in Abb. 4 und bestimmt von Punkt zu

Punkt die Steigungen der Kurve, die man mit dem Strahlenbüschel von n vergleicht.

Bei polytropischer Zustandsänderung $p v^n = C'$ steigt oder fällt die Temperatur beständig. Ihren genauen Verlauf kann man aus Abb. 4 bequem ablesen. Man zieht durch den Anfangspunkt eine Gerade in der n zugehörigen Richtung. Die Schnittpunkte von T mit dieser Geraden ergeben die gewünschten Temperaturen.

Bei Kompressoren oder Verbrennungsmaschinen wird oft der Enddruck der Kompression oder Expansion gesucht, wenn das Verdichtungsverhältnis bekannt ist. Je nachdem man aus Versuchen oder bekannten Anhaltspunkten die Abkühlung oder Erwärmung während der Zustandsänderung kennt, ist $n \geqq 1$. Um den Gegendruck zu erhalten, verfolgt man vom Anfangspunkt p_1, v_1 aus die Gerade $n =$ konst. bis zum Punkt v_2 und findet dort p_2.

Beispiel: Verdichtungsverhältnis: $1:5$; $v_1 = 0{,}8\ \mathrm{m^3/kg}$

$$v_2 = \frac{v_1}{5} = 0{,}16\,;\ n = 1{,}2\,;\ p_1 = 1\ \mathrm{at}.$$

Man zieht vom Punkte v_1, p_1 einen Strahl $n = 1{,}2$ bis zu $v_2 = 0{,}16$ und findet dort $p_2 = 6{,}8$. In der wirklichen Tafel, Abb. 4, geht man von $p = 10$ aus und findet $p = 68$. Der Anfangspunkt befindet sich nämlich nicht auf der Tafel, was aber ohne Belang ist, da sich in sämtlichen Dreiecken alle p- und v-Linien wiederholen und nur immer um eine Dezimale verschoben sind. Überhaupt wird es bei einiger Übung möglich sein, mit einem Dreieck auszukommen, wenn man auf die Stellenwerte achtet, ähnlich wie bei der Handhabung des Rechenschiebers.

In der Praxis muß man oft die thermodynamisch mögliche Arbeit bestimmen, die ein Gas bei gegebenen Verdichtungsverhältnissen und Heizung oder Kühlung abgeben oder aufnehmen kann. Bei isothermischer Zustandsänderung, dem günstigsten Fall, ist die von 1 kg Gas geleistete Arbeit

$$L = p_1\, v_1 \ln \frac{p_2}{p_1} = 0{,}1442\ p_1\, v_1 \lg \frac{p_2}{p_1},$$

wenn man Briggsche Logarithmen und den der Tafel, Abb. 6, zugrunde liegenden Maßstab berücksichtigt.

$\lg \frac{p_1}{p_2} = \lg p_2 - \lg p_1$ ist der Abstand der beiden p-Linien in cm, und leicht zu ermitteln. Aus der Tafel kann man auch das Produkt $p_1 v_1$ ablesen. Geht man von diesem Punkt auf $T =$ konst. weiter bis zu einem Punkte, wo p oder v eine Potenz von 10 ist, so liest man sofort das Produkt ab gemäß $p_1 v_1 = p_{v=1} \times 1$. Allerdings kann man diese Rechnung zumeist ebenso bequem mit dem Rechenschieber ausführen.

Beispiel: Ein Kompressor habe ein Verdichtungsverhältnis $1:4$, so daß dem Ansaugdruck von 0,95 at bei isothermischer Zustandsänderung der Enddruck $4 \cdot 0{,}95 = 3{,}8$ at entspricht. Das spezifische Volumen der angesaugten Luft sei $1\ \mathrm{m^3/kg}$. Aus Abb. 4 entnimmt man als Abstand der beiden p-Linien 9,74 cm. Die Arbeit von 1 kg Luft ist dann

$$L = 9{,}74 \cdot 0{,}95 \cdot 104 \cdot 3{,}8 \cdot 0{,}1442 = 50\,500\ \mathrm{mkg/kg}.$$

Die Arbeit bei polytroper Zustandsänderung entnimmt man aus Abb. 6:

$$L = L_1 - L_2 = \frac{R\,n}{n-1}\,T_1 - \frac{R\,n}{n-1}\,T_2.$$

Sind T_1, T_2 und n bekannt, so liest man L_1' und L_2' ab und berechnet L aus $L \frac{R}{100}$. Sind nicht die Temperaturen, sondern Anfangs- und Enddruck gegeben, so sucht man in Abb. 4 zuerst die zugehörigen Temperaturen auf und verfährt mit diesen Werten in Abb. 6 wie vorhin. In diesem Fall spart man das Umrechnen, da sich die Gaskonstante aus den Gleichungen heraushebt. Die Temperatur dient dann nur als Zwischenglied und ist nicht mit der wirklichen zu verwechseln.

Beispiel: Ein Kompressor habe bei $t = 10°$ Eintrittstemperatur eine Endtemperatur von $t = 150°$; n sei 1,4. In Abb. 6 ermittelt man bei $n = 1{,}4$ und $t = 10°$ $L_1 = 0{,}99 \times 10^6$, bei $n = 1{,}4$ und $t = 150$ hingegen $L = 1{,}48 \times 10$. Hieraus findet man $L = 0{,}293 \times 10^6\ (1{,}48 - 0{,}99) = 14\,320$ mkg für 1 kg Luft.

Ein Kompressor habe ein Verdichtungsverhältnis $1:3$ bei $p_1 = 1{,}0$ at; $v_1 = 0{,}86\ \mathrm{m^3/kg}$; $n = 1{,}55$. Will man aus Abb. 4 die wirklichen Temperaturen erhalten, so muß man v_1 im umgekehrten Verhältnis zur Gaskonstanten vergrößern $v_1' = \frac{v_1}{0{,}293}$; $v_2 = \frac{v_1'}{3} = 0{,}98\ \mathrm{m^3/kg}$; von p_1, v' ausgehend, zieht man $n = 1{,}55$ und findet bei $v_2 = 0{,}98$ den Druck $p_2 = 5{,}35$ at und die Temperatur $t_2 = 225$; bei p_1, v_1' ist $t_1 = 20°$.

In Abb. 6 bestimmt man die Schnittpunkte $n = 1{,}55$ mit t_1 und t_2 und findet $L_1 = 0{,}83 \times 10^6$ und $L_2 = 1{,}49 \times 10^5$, hieraus $L = 0{,}293 \cdot 10^6\ (1{,}49 - 0{,}83) = 19\,300$ mkg/kg. Will man nicht den Enddruck, sondern nur die Arbeit wissen, so kann man, wie oben angedeutet, p_1, v_1 der wirklichen Größe nach einsetzen und die Temperaturen nur als Zwischenglieder benutzen. Man braucht dann L nicht umzurechnen.

Außer durch Expansion kann ein Gas noch Arbeit leisten, indem man die innere Energie in kinetische umsetzt (z. B. bei Dampfturbinen, Turbokompressoren usw.). Da es physikalisch gleich ist, ob ein Gas seine innere Energie durch Expansionsarbeit oder durch Beschleunigung seiner Teilchen verliert, so muß man aus der Arbeitstafel, Abb. 6, auch in irgendeiner Form die Geschwindigkeiten ermitteln können.

Abb. 6. Entwurf der Arbeitstafel.

Abb. 7. Ermittlung der Geschwindigkeiten.

Bezeichnet Q das Gasgewicht und H die Druckhöhe, so ist die Leistung $L' = Q H = Q \frac{c^2}{2g}$, wenn c die Geschwindigkeit bedeutet. Führt man, wie in Abb. 6, die Leistung für 1 kg Gasgewicht ein, so ist $L = H = \frac{c^2}{2g}$, d. h. die Tafel liefert unmittelbar die Geschwindigkeitshöhe, wie auch aus der genauen Rechnung folgt:

$$c = \sqrt{2g \frac{1}{A} (i_2 - i_1)} = \sqrt{2g \frac{n}{n-1} p_2 v_2 \left[1 - \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right]}$$

oder

$$\frac{c^2}{2g} = \frac{n}{n-1} R (T_2 - T_1) = R \frac{n}{n-1} T_2 - R \frac{n}{n-1} T_1$$
$$= \frac{c_2^2}{2g} - \frac{c_1^2}{2g}.$$

Die Geschwindigkeitshöhe ergibt sich also als Unterschied zweier Geschwindigkeitshöhen, die der Expansion von dem jeweiligen Druck in absolute Luftleere entsprechen. Sind nicht die Temperaturen, sondern die Drücke gegeben, so verfährt man wie oben bei Kompressoren. Da es sich hier meist um sehr schnelle Vorgänge handelt, ist für n der Wert der Adiabaten einzusetzen.

B e i s p i e l : Die Stufe einer Dampfturbine habe ein Druckverhältnis von $\frac{p_1}{p_2} = \frac{6}{4,5}$ und verarbeite überhitzten Dampf von $t_1 = 175°$ bei $p_1 = 6$ at. Die Gaskonstante ist $R = 47,1$. Um in Abb. 4 zu den wahren Temperaturen zu kommen, berechnet man mit $\frac{100}{R} = \frac{1}{0,471}$ $p_1' = 12,7$ at; $p_2 = 9,56$ at.

In Abb. 4 legt man durch p_1, t_1 eine Gerade, z. B. $n = 1,4$, und findet bei $p_2' = 9,56$, $t_2 = 142°$. Abb. 6 ergibt dann bei $n\,t_1$ und $n\,t_2$ die Werte $\frac{c_1^2}{2g} = 1,575 \times 10^5$, $\frac{c_2^2}{2g} = 1,462 \times 10^5$, woraus $\frac{c^2}{2g} = 0,471 \times 10^5$ (1,575 — 1,462).

Um aus $\frac{c^2}{2g}$ die Geschwindigkeit c ermitteln zu können, benutzt man nach Abb. 7 eine Parabel, die im vorliegenden Fall $c = 316$ m/s ergibt. [B 1035]

Entschwefelungs-, Entgasungs- und Desoxydationsverfahren für Gußeisen.

In der Zeitschrift „Stahl und Eisen" berichtet Mehrtens[1]) auf Grund weitgehender Beobachtungen über das Ergebnis der Anwendung verschiedener Verfahren zur Entschwefelung und Entgasung von Gußeisen. Nach Hervorheben des schädlichen Einflusses des Schwefels im Gußeisen berichtet er von verschiedenen Entschweflungsmitteln, die in den letzten Jahren bekannt geworden sind, und ausführlicher von dem Entschweflungsverfahren W a l t e r - D ü r k o p p - L u y k e n - R e i n, das im Schmelzofen selbst angewendet wird. Der Schwefel ist in mehr oder weniger großen Mengen, in allen Roheisensorten vorhanden; durch den Schmelzvorgang erfolgt aus dem Koks eine weitere erhebliche Zunahme, so daß Schwefelgehalte bis zu 0,20 vH und mehr im Gußeisen keine Seltenheit bedeuten. Je größer der Anteil an Gußbrucheisen in der Eisenmischung wird, um so mehr steigt die Schwefelanreicherung. Um diesem Übelstand abzuhelfen, gibt man jedem Eisensatz einen Zuschlag von Kalkstein, mitunter auch Kalkstein und Flußspat, der je nach dem Aschengehalt des Kokses mit 15 bis 25 vH eingesetzt wird. Auch ein höherer Gehalt an Mangan wirkt günstig auf die Verminderung des Schwefelgehaltes.

Die lästigen Beimengungen im erschmolzenen Gußeisen machten sich in den letzten Jahren besonders bemerkbar. Verschiedene Maßnahmen sind daher getroffen worden, um dem zu begegnen. Abgesehen von der Erhöhung der Zuschläge an Kalkstein und Flußspat sind auch Versuche bei Erhöhung des Mangangehaltes vorgenommen worden, doch haben die Ergebnisse nicht befriedigt.[2]).

Mit besserem Erfolg behandelte W a l t e r durch Zusätze von Alkali und Erdalkalisalzen das erschmolzene Eisen in der Gießpfanne[3]). Bei der Gießpfannenentschweflung ergaben sich aber gewisse Schwierigkeiten, so daß weitere Versuche angestellt wurden, um das Eisen bereits im Vorherd zu reinigen. Zu diesem Zwecke wurde die saure Schlacke aus dem Ofen unmittelbar vom Schacht in einem besonderen Schlackenkasten aufgefangen.

Die flüssige Ofenschlacke wirkt störend auf den Entschweflungsvorgang, auch wenn sie keine freie Kieselsäure enthält, denn das Alkali zerlegt sehr leicht die Silikatverbindung, reißt die Kieselsäure an sich und stößt den bereits in der Ofenschlacke als Sulfid gebundenen Schwefel an das flüssige Eisen wieder ab. Auf Versuche von E m m e l wird verwiesen[4]). Einige Hilfsanordnungen bei Gießpfannen mit eingesetztem Schlackenabschäumer und der Ausbau des Vorherdes für die Zwecke der Entschweflung werden besprochen. Mit Bezugnahme auf den ersten Eisensammler für die Entschweflung (Bauart S c h a r l i b b e) werden die Vorzüge des Verfahrens bei Anwendung des unmittelbar angebauten Vorherdes mit Schlackenkasten erörtert.

Die ersten Versuche bei den Dürkoppwerken werden erwähnt und ein Bericht über die Vorzüge des Schlackenkastens gegeben. Abbildungen zeigen die Ausführung des Überlaufes zwischen Ofenschacht und Vorherd, auch wird darauf hingewiesen, in welchen Fällen die Bauart nach R e i n, und wann die nach D ü r k o p p - L u y k e n angebracht ist.

Dieses neue Verfahren — unter Anwendung der Walterschen Entschweflungsmittel — kann in jedem Gießereischachtofen mit angebautem Vorherd durchgeführt werden. Fehlt der Vorherd, so ist ein solcher zu beschaffen, ebenso ein Schlackensammler, dessen Abmessungen der täglichen Schmelzleistung und der Schlackenmenge des Ofens anzupassen sind.

Das Aufmauern des Vorherdes sowie des Überlaufes verlangt große Aufmerksamkeit; ein widerstandsfähiger Stoff, am besten hartgebrannter Schamottestein mit einem Tonerdegehalt von 40 bis 42 vH muß für den Vorherd gewählt werden. Für den Überlauf haben sich zur Vermeidung der Fugen Formsteine am besten bewährt.

Mehrtens gibt ausführliche Behandlungsvorschriften, die die Lebensdauer des Überlaufes und des feuerfesten Futters im Vorherd erhöhen. Er betont, daß eine sorgfältige Führung des Schmelzbetriebes erforderlich ist, und empfiehlt, bei kleinen Störungen sofort Ausbesserungen vorzunehmen oder andere Mängel zu beseitigen.

Zahlentafeln beweisen den Erfolg der Eisenreinigung; um besondere Festigkeiten zu erzielen, muß man der Zusammensetzung des Eisens genaueste Beachtung schenken.

Entschweflungsmittel werden in dem Maße zugegeben, wie dem Vorherd Eisen entnommen wird. — In der Regel wird mit ½ vH gearbeitet, jedoch genügt sehr häufig ein geringerer Zusatz, je nachdem, welcher Grad der Entschweflung verlangt wird.

Bei Anwendung des Verfahrens ist auf die Höchstleistung des Ofens Rücksicht zu nehmen, damit sich der Schlackenkasten nicht als zu klein erweist oder keine Störung im Vorherd oder Überlauf durch starkes Ansammeln der Entschweflungsschlacke eintritt.

Nach Beendigung des Schmelzens ist für den letzten Vorherdinhalt kein Entschweflungsmittel erforderlich. Der Verfasser empfiehlt, die Schwefelschlacke aus dem Vorherd zu entfernen, wenn die Abmessungen des Vorherdes zu klein sind oder wenn dem Ofen eine größere Schmelzleistung zugemutet wurde.

Die Vorteile des Verfahrens zeigen sich in erster Linie in der Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des Gußeisens. Wenn auch bei einfachstem Eisensatz keine nennenswerte Erhöhung der Festigkeiten eintritt, so nimmt doch die Härte des Eisens ab, und die Verschleißfestigkeit macht sich günstiger bemerkbar. An einigen Zahlenbeispielen wird auf die Veränderung des Eisens durch die Entschweflung hingewiesen. An den Gefügebildern ist zu erkennen, daß bei geringem Schwefelgehalt, d. h. bei rd. 0,11 vH auf 0,036 entschwefelt, keine nennenswerte Veränderung im Gefügeaufbau eintritt. Ein weiterer Vorteil liegt in der Verbilligung des Eiseneinsatzes durch größere Zusätze an Brucheisen, vorausgesetzt natürlich, daß die Marktpreise entsprechende Unterschiede zeigen. Das Entschweflungsverfahren wird besonders bei Gußeisen angewendet; daneben wird das Verfahren aber auch für die Herstellung von Temper- und Stahlguß in Kleinbessemereibetrieben eine gewisse Bedeutung haben. Diese Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

[N 444] M.

[1]) „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 449.
[2]) Vergl. M e h r t e n s, Gußeisen, Werkstattbücher Heft 19, Verlag Julius Springer, Berlin.
[3]) Vergl. S c h a r l i b b e, „Gießerei-Zeitung" Bd. 19 (1922) S. 43.
[4]) Vergl. E m m e l, „Gießerei-Zeitung" Bd. 19 (1922) S. 47 Zahlentafel 3.

Die Dieselmaschine in Amerika.

Von Prof. Dr.-Ing. A. Nägel, Dresden.

(Fortsetzung von S. 634.)

Die Worthington Pump & Machinery Corp. hat in ihren Zweigwerken die Aufgaben des Dieselmaschinenbaues noch nach anderen Richtungen hin zu bearbeiten unternommen. In den Snow Holly Works in Buffalo wird noch eine Viertaktmaschine für ortfeste Verwendung gebaut, die mit Druckluftzerstäubung arbeitet und sich durch eine bemerkenswerte Kolbenführung auszeichnet. Die Maschine wird mit drei, vier, fünf und sechs Zylindern gebaut, wobei auf jeden Zylinder bei 571,5 mm Dmr., dem gleichen Hub und 225 Uml./min 190 PS_e entfallen. Abb. 14 und 15 stellen die beiden senkrechten Hauptschnitte, Abb. 16 die Ansicht einer Sechszylindermaschine von 1140 PS_e dar.

Ein Hauptmerkmal der Maschine ist die Kolbenführung; ihr wird von vornherein nur eine bescheidene Normalkraft zugemutet, da die Pleuelstange die sechsfache Länge der Kurbel hat. Außerdem ist der Kolben unterhalb der Kolbenringzone auf einen kleineren Durchmesser abgedreht und mit dem so gebildeten dünneren Kolbenschaft in einer Wand zwischen Kurbelgehäuse und Zylinder durch einen Führungsring seitlich abgestützt, der mit Hilfe einer Packung zugleich als Ölabstreifer dient. Hierdurch wird verhindert, daß das Schmieröl aus dem Kurbelgehäuse nach dem Arbeitszylinder emporklettert, sowie anderseits, daß dieses Öl durch Verkokungsrückstände des Treiböls verschmutzt wird.

Das Abstreiföl aus den Zylindern wird aus dem unteren Ringraum des Zylinderaufsatzes, der durch Schaulöcher auch vom Maschinisten beobachtet werden kann, abgelassen. Das gleiche Ölabstreif- und Kolbenführungsverfahren wird auch bei dem dreistufigen Tauchkolben des Luftkompressors angewandt. Das Unterteil des kegelstumpfförmigen und mit Innenrippen versehenen Zylindergußstückes, Abb. 17 bis 19, hat quadratische Grundform, und die Berührungsflächen je zweier Zylinderaufsätze werden genau bearbeitet und in ihrer gegenseitigen Lage durch Paßbolzen gesichert. Bemerkenswert ist die obere Flanschabstützung des Zylinderfutters, bei der für ausgiebige Kühlung Sorge getragen ist. Der Zylinderdeckel, Abb. 20 bis 23, zeichnet sich durch

Abb. 14 und 15. Senkrechte Hauptschnitte der Sechszylinder-Dieselmaschine von 1140 PS_e der Snow Holly Works.

Abb. 17 bis 19.
Arbeitszylinder mit Futter.

Deckel des Federgehäuses gleitender Druckstempel entbehrlich, durch dessen Vermittlung das Anlaßventil geöffnet wird. Der Druckstempel ist am unteren Ende mit einem kegelförmigen Ventilrand versehen, der sich unter dem Einfluß des inneren Überdrucks dicht auflegt, sobald das Anlaßventil ausgeschaltet wird. Das Auspuffventil, Abb. 29, hat einen wassergekühlten Ventilkorb, dessen Kühlraum vom Zylinderdeckel aus gespeist wird und den man abnehmen kann, ohne daß man den Wasserzuführungsstutzen loszuschrauben braucht.

Der Antrieb der hochgelagerten Steuerwelle erfolgt durch eine viergliedrige Reihe von Stirnrädern in einem gußeisernen Gehäuse am Kopfende der Maschine. Eine durch Stirnräder angetriebene Hilfswelle betätigt die Brennstoffpumpen, Abb. 30 und 31, die Schmierölpumpe und den Regler, der an der Welle *a* angreift und die Eröffnung des Saugventils in bekannter Weise beherrscht. Diese Welle *a* kann auch mit der Hand zum Stillsetzen und beim Anfahren der Maschine bewegt werden, wobei gleichzeitig der Hebel *c*, Abb. 25, entsprechend eingestellt wird.

Die Maschine arbeitet mit Druckschmierung, die sehr vollkommen durchgebildet ist. Alle Lager der bewegten Teile bis zu den Kreuzkopfzapfen der Brennstoffpumpen sind in die Druckschmierung einbezogen. Durch die hohle Pleuelstange tritt das Drucköl in das Kolbenzapfenlager und durch Bohrungen des hohlen Zapfens in dessen Innenraum, aus dem es durch eine seitliche Bohrung als Kühlöl in den Kühlmantel des Kolbenbodens geleitet wird. Aus diesem fließt es durch eine senkrechte Leitung im Kolben-

einfache Form und große, der Reinigung leicht zugängliche Kühlwasserräume aus. Die Deckelschrauben durchdringen nur den oberen Deckelflansch und stehen im übrigen rings um den Deckel herum frei, wie aus Abb. 24 und 25 hervorgeht.

Bei der Anordnung der Steuerhebel ist vor allem auf die Anwendung eines gemeinsamen Hebels für das Brennstoffventil und das Druckluftanlaßventil hinzuweisen. Dieser Hebel ist am oberen Ende mit einem Schwinghebel ausgestattet, dessen Endpunkt *b* in einer auf der Hebelwelle drehbaren exzentrischen Bahn geführt wird. Je nach der Einstellung dieser Bahn mit der Hand durch Vermittlung des Hebels *c* wird entweder das Anlaßventil *d* oder das Brennstoffventil *e* betätigt. Das Brennstoffventil, Abb. 26 und 27, öffnet sich nach innen und ist mit einem Plattenverteiler ausgerüstet. Beim Druckluft-Anlaßventil, Abb. 28, fällt das Fehlen jeder Spindelpackung auf. Diese macht ein im

Brennstoff-zuführung
Einblaseluft
Abblaserohr

Abb. 27.

Abb. 16. Ansicht der Sechszylinder-Viertaktdieselmaschine der Snow Holly Works, Buffalo, 571,5 mm Zyl.-Dmr., 571,5 mm Hub, 225 Uml.-/min, 1140 PS_e.

Abb. 26.

Abb. 26 und 27.
Brenstoffventil.

Abb. 20 bis 23. Zylinderkopf der Dieselmaschine, Abb. 14 bis 16.

Abb. 28. Druckluft-Anlaßventil.

innern aus, deren unteres abgebogenes Ende frei in einem geschlitzten Rohr auf und ab gleitet. Dieses Rohr fängt das ablaufende Kühlöl auf und führt es einem Filter und einem Kühler zu. Alle Kurbelwellenlager der Maschine haben rd. 321 mm Dmr. und 457 mm Länge, die Kurbelzapfenlager bei demselben Durchmesser nur 394 mm Länge. Die Kolbenzapfen haben 245 mm Dmr. und 324 mm Lagerlänge. Zur Herausnahme des Kolbens braucht man über der Maschine eine freie Höhe von 5,2 m bis zum Kranhaken. Als Brennstoffverbrauch werden — umgerechnet auf einen oberen Heizwert von 10 000 kcal/kg — 0,187 kg/PS$_e$h bei Vollast, 0,200 kg/PS$_e$h bei Dreiviertellast und 0,222 kg/PS$_e$h bei Halblast garantiert.

Einen gewissen Gegensatz oder eine Ergänzung hierzu bildet die Entwicklung der Dieselmaschine in den Werkstätten der Blake & Knowles Works der Worthington Pump & Machinery Corp. in East Cambridge, Mass. Diesem Werk wurde die klar umrissene Aufgabe gestellt, für mittelgroße Leistungen eine billige und betriebsichere Dieselmaschine zu schaffen, die durch das Zweitaktverfahren und durch kompressorlose Einspritzung Steuerwelle, Luftkompressor und Ventile entbehrlich machen sollte. Abb. 32 bis 34 zeigen senkrechte Hauptschnitte und äußere Ansichten der Maschine, deren Zylinder in drei Größen für rd. 30, 50 und 75 PS$_e$ hergestellt werden. Diese Zylinder werden bis zu 6 zu einer Maschine vereinigt, so daß man Leistungen von 30 bis zu 450 PS in hinreichend kleinen Abstufungen beherrscht. Die Hauptangaben für die drei Größen sind:

Abb. 24 und 25. Anordnung der Steuerhebel auf dem Zylinderdeckel.

a Anlenkungspunkt des gemeinsamen Hebels *b* Endpunkt dieses Hebels für Brennstoff- und Druckluftanlaßventil *c* Handhebel *d* Anlaßventil *e* Brennstoffventil.

Abb. 30 und 31. Brennstoffpumpen.

a Welle, an der der Regler angreift.

Leistung	PS_e	≈ 30	≈ 50	≈ 75
Zylinderdurchmesser	mm	260	318	387
Hub	„	267	337	406
Drehzahl	Uml./min.	375	325	275
Mittlerer wirksamer Kolbendruck bei Nennleistung	at	2,57	2,64	2,60
Garantierter Brennstoffverbrauch bei Nennlast	kg/PS_eh	0,217	0,213	0,209 kg*)
Bester Brennstoffverbrauch	„		0,187 kg*)	
Höhe der Maschine über Flur	m	2,4	2,9	3,45
Höhe bis Kranhaken	„	2,9	3,5	4,1

Auffällig ist in diesen Angaben der niedrige mittlere Kolbendruck, bezogen auf die Nennleistung, dessen Erhöhung die gegebene Maschine für weit höhere Leistungen ausnutzbar machen, sie also wesentlich verbilligen würde. Ich habe selbst beobachtet, daß bei Steigen der Belastung bald der Auspuff raucht und die Kolben unzulässig erwärmt werden, wodurch sich die oberen Kolbenringe festsetzen. Während man drüben der Meinung zu sein schien, daß diese enge Begrenzung der erreichbaren Leistung im Einspritzverfahren begründet sei, glaube ich den Grund in unzureichender Ausspülung des Arbeitzylinders suchen zu sollen. Wie Abb. 32 erkennen läßt, dient die Unterfläche des Arbeitskolbens als Spülkolben, ohne daß jedoch das Kurbelgehäuse am Spülvorgang beteiligt wäre. Kurbelkastenspülung wird mit Rücksicht auf die Verwendung der Maschine in staubhaltiger Luft vermieden, da sie zur Verschmutzung der Lager führt; durch den freien Spalt der Lager wird Luft angesaugt, wobei das Lagerschmieröl den Staub festhält.

Aus diesem Grunde hat man die Maschine als Kreuzkopfmaschine gebaut, die zur Anordnung eines unteren Zylinderdeckels Gelegenheit bietet. Die Spülpumpe erhält dann keine ungewöhnlich großen schädlichen Räume und arbeitet daher mit verhältnismäßig großem Lieferungsgrad.

*) Diese Zahlen, die sich auf den oberen Heizwert von 10000 kcal/kg des Brennstoffs beziehen, setzen voraus, daß den amerikanischen Angaben der dort übliche obere Normalheizwert von 18500 B.T.U./lb zu Grunde liegt.

Abb. 29. Einlaß- oder Auslaßventil

Die Spül- und Ladeluft wird dem Zylinder durch eine Reihe von Schlitzen zugeführt, deren Kanäle aus konstruktiven Gründen mit der Zylinderachse einen verhältnismäßig großen Winkel bilden. Der Kolben ist vollkommen eben und daher an der Führung des Spülluftstrahles durch den Hubraum unbeteiligt.

Ich glaube, daß sich bei einem so rohen Spülverfahren, das wegen der hohen Drehzahl zu hohen Spüldrücken führt, so starke Wirbelherde im Hubraum bilden, daß von einer genügend vollständigen Spülung keine Rede sein kann. Die Folge davon ist, daß bei höherer Belastung Nachbrennen auftritt, die Auspuffgase noch sichtbare Flammen zeigen, Ruß enthalten und durch ihre hohe Temperatur den Kolben übermäßig erwärmen. Innerhalb enger Belastungsgrenzen arbeitet jedoch die Maschine zur vollen Zufriedenheit; sie findet daher auf dem nordamerikanischen Festland reichen Absatz. Wegen ihrer Betriebsicherheit und Einfachheit hat sie sich auch als Schiffshilfsmaschine mit Erfolg eingeführt, und die Firma Worthington trägt sich mit der ausgesprochenen Absicht, die Maschine so zu verbessern, daß sie ohne Mehraufwand an Kosten auch höhere Belastung aufnehmen kann.

Abb. 32.

Abb. 33.

Der Kolben der kleinsten Bauart ist ungekühlt. Die Kühlung mit Öl setzt beim 50 PS-Zylinder ein. Man hat versucht, die dem Kolbenboden mitgeteilte Wärme unmittelbar an den Ausweg durch den Ölkühlraum zu binden und das die Kolbenringe enthaltende Kolbenmantelstück gänzlich vom Kolbenboden zu trennen. Das Kühlöl wird dem Kolbenboden durch die hohle Pleuelstange zugeführt. Von dieser gelangt es in die Bohrung des Kreuzkopfzapfens. Durch Rohrumführungen wird es von hier aus in die Bohrung der Kolbenstange geleitet; in dieser wird es in einem eingesteckten Rohr geführt, das zu oberst im Kolben endet. Der Rücklauf erfolgt auf einem zweiten gleichartigen Wege, wie Abb. 33 erkennen läßt.

Die Brennstoffeinspritzdüse, Abb. 35, zeichnet sich durch große Einfachheit und leichte Zerlegbarkeit aus. Mittels Revolververschlusses kann man die maßgebenden Düsenteile mit einem einfachen Handgriff voneinander trennen, nachdem man den ganzen Einsatz aus dem Zylinderdeckel ohne Werkzeug herausgenommen hat. Unmittelbar vor der brauseartigen Düsenmündung sitzt ein federbelastetes Rückschlagventil. Bei der Brennstoffpumpe, Abb. 36, ist jedem Plunger ein besonderes Exzenter zugeordnet. Die Regelung erfolgt durch Ändern der Öffnungsdauer

Abb. 36.
Brennstoffpumpe der Zweitaktmaschine, Abb. 32 bis 34.

a Druckluftanlaßventil
b Brennstoff-Zubringerpumpe
c Schmierölpumpe

Abb. 35.
Brennstoffeinspritzdüse der Zweitaktmaschine Abb. 32 bis 34.

Abb. 34.

Abb. 32 bis 34. Vierzylinder-Zweitaktdieselmaschine mit kompressorloser Einspritzung der Blake and Knowles Works der Worthington Pump & Machinery Corporation für mittelgroße Leistungen.

des Saugventils. Mit dem Brennstoffpumpengehäuse ist die Steuerung der Anlaßluft und die Brennstoffzubringerpumpe, in Abb. 36 rechts, sowie die Schmierölpumpe, in Abb. 36 links, verbunden. Die beiden Pumpen werden durch einen Exzentertrieb betätigt, während die Anlaßluft-Ventilspindeln von Nockenscheiben verstellt werden. Sobald die Anlaßluft abgeschaltet ist, werden die zugehörigen Steuerventile durch ihre auf Öffnung wirkende Federbelastung in die Stellung „offen" gebracht, in der die Ventilspindeln aus dem Bereich der Nocken heraustreten. Die Anlaßluftleitung enthält dort, wo sie in den Arbeitszylinder eintritt, ein Rückschlagventil.

Die Brennstoffdüse zerstäubt den Brennstoff in eine ringsum vom Kühlwasser umgebene Vorkammer, die zwischen den beiden Teilen, aus denen der Deckel besteht, gebildet wird. Der Vorkammer gibt man einen Inhalt von rd. einem Drittel des Verbrennungsraumes. Mit diesem ist die Vorkammer durch drei bis fünf etwa 15 mm weite, sich kegelförmig erweiternde Bohrungen verbunden. Allgemein wird behauptet, daß man mit dieser Ausbildung der Vorkammer die besten Ergebnisse erzielt habe, bessere als mit den engen Düsenbohrungen, die bei den entsprechenden europäischen Konstruktionen Vorkammer und Arbeitzylinder verbinden. [B 436] (Forts. folgt.)

Der Bau neuer Glasschmelzöfen.

Bei der im Januar 1925 an der Universität Birmingham abgehaltenen Tagung der englischen glastechnischen Gesellschaft (Society of Glass Technology) wurde der Bau neuerer Glasschmelzöfen behandelt. Atkinson berichtete über neuere Erfahrungen mit Rekuperativ-Hafenöfen nach „Stein". In dem Unit-Ofen wird der Hauptfehler des gewöhnlichen Hafenofens, die ungleichmäßige Wärmeverteilung im Herdraum, durch Teilung des Ofens in einzelne Abschnitte beseitigt; jeder Abschnitt enthält zwei Häfen und ist mit eigenen Gas- und Luftventilen, Abgasschieber und Rekuperator ausgestattet, so daß er vollständig für sich eingestellt werden kann. (Dieses Verfahren entspricht dem neuen Vielflammenhafenofen von Knoblauch, der aus dem Vortrag Knoblauchs bei der Tagung der „Deutschen Glastechnischen Gesellschaft" im November 1924 in Dresden bekannt ist; nur arbeitet der Knoblauch-Ofen mit Regeneration, hingegen der Unit-Ofen mit Rekuperation). Der bei den Charlton-Werken erbaute Wannenofen von Moorshead wird nach seiner Form als „Torpedowanne" bezeichnet. Die Vorteile dieser Wanne liegen in der Verbesserung der Glasströmung durch Vermeidung der Ecken, in der Bauart der Brücke, die eine bessere Kühlung ermöglicht, und schließlich in der Verbesserung der Schmelzwirkung. Atkinson behandelte dann kurz eine neue Bauart des Förderbandes und der Antriebsvorrichtung bei Glaskühlöfen im Dauerbetriebe; es sollen durch diese Bauart Ausbesserkosten und Betriebstörungen vermieden werden. Mit einer neuen Entaschungsvorrichtung für Gaserzeuger sind sehr gute Erfolge erzielt worden.

Theisen stellte zunächst die Forderung auf, daß die Glashütten bei der Bestellung genauer angeben sollten, ob der Ofen für möglichst große Erzeugung, möglichst hohen Wirkungsgrad oder möglichst lange Lebensdauer zu bauen ist, da von diesen Bedingungen der Entwurf beeinflußt wird. Dabei ist zu überlegen, daß durch die Verwendung selbsttätiger Maschinen in der Glasindustrie eine gesteigerte Leistung der Glasschmelzöfen bedingt wird; dabei wächst bis zu einer gewissen Grenze auch der Wirkungsgrad. Für kleine und mittelgroße Öfen gibt Theisen dem Rekuperativverfahren den Vorzug. Eine neue Bauart von Wannen mit wespenförmiger Gestalt soll die Zugänglichkeit der Brücken verbessern. Theisen schlug vor, die Brücken ganz aus Stahl herzustellen und durch Wasser zu kühlen; durch Ansatz von erstarrtem Glas könnte so eine Art Glasbrücke geschaffen werden. (Mit Wasser gekühlte Brücken in Wannenöfen sind in Deutschland seit Jahren bekannt.) („The Engineer" Bd. 139 (1925) S. 155.)

[N 346] Dr.-Ing. W. Friedmann.

RUNDSCHAU.

Schiffs- und Seewesen.

Neuzeitlicher Slipwagen.

Abb. 1 bis 6. Slipwagen von 40 t Tragfähigkeit.

Mehr und mehr gehen deutsche Binnenschiffahrtsunternehmungen, die über eine größere oder kleinere Anzahl eigener Schiffe verfügen, dazu über, aus Ersparnisgründen eigene Ausbesserungswerkstätten für ihre Fahrzeuge zu schaffen. Hierzu ist eine Aufzug- oder Slipanlage erforderlich, die es gestattet, die zu untersuchenden oder auszubessernden Fahrzeuge zur Ausführung der erforderlichen Arbeiten an Land zu ziehen. Je nachdem das Wasserfahrzeug in der Richtung seiner Längsachse oder quer dazu aufgezogen werden soll, unterscheidet man Längs- oder Queraufschleppen. Die Queraufschleppe ist zwar teurer in der Gesamtanlage, hat aber verschiedene Vorteile, die ihren Bau in den meisten Fällen rechtfertigen. Eine solche Anlage besteht im allgemeinen aus dem Unterbau, der teils über, teils unter Wasser liegenden geneigten Gleisbahn, dem Schleppschlitten oder Schleppwagen und der Aufzugvorrichtung.

Der Schleppschlitten ist veraltet und wird kaum noch gebaut. Bei neuzeitlichen Anlagen handelt es sich daher meist um Schleppwagen, die auf Rädern laufen. Sie werden unter das Wasserfahrzeug hinabgelassen und dann mit diesem durch die Aufzugvorrichtung hochgewunden. Das Trockensetzen des Schiffes erfordert jedoch besonders bei größerem Gewicht bei den bisher ausgeführten Anlagen einen bedeutenden Aufwand an Arbeit und Zeit. Es müssen Kielblöcke, Kimmschlitten, Pallhölzer usw. untergebaut werden, die in langwieriger Handarbeit mittels der sogenannten „Bummelramme“ soweit aufzukeilen sind, daß das Schiff schließlich vom Schleppwagen freikommt und dieser unter dem Schiff herabgelassen werden kann. Gerade die Arbeit des Trockensetzens, also das Aufkeilen der Pallhölzer, nimmt etwa 80 vH der im ganzen erforderlichen Zeit ein, die bei einfacheren Anlagen für ein Schiff von etwa 250 t Eigengewicht (1000 bis 1200 t Tragfähigkeit) im allgemeinen 12 Arbeitsstunden beträgt.

Die in Abb. 1 bis 6 dargestellte Konstruktion zeigt einen Weg, der diese Nachteile und insbesondere die zeitraubende Arbeit des Aufkeilens so gut wie völlig vermeidet. Der Wagen aus Eisen läuft auf einer Anzahl von Rädern. Der grundlegende Unterschied gegenüber den bisher gebräuchlichen Konstruktionen ist, daß der Wagen nicht einteilig, sondern zweiteilig ausgeführt ist. Er besteht aus einem Ober- und einem Unterwagen.

Der Oberwagen ist zunächst durch eine Sperrvorrichtung mit dem Unterwagen verbunden; beide werden wie üblich an einer Aufzugvorrichtung unter das aufzuholende, noch schwimmende Schiff hinabgelassen. Die Auflagerfläche des Oberwagens bleibt während dieser Bewegung wagerecht, so daß das Schiff besonders beim Querschleppen und bei ebenem Boden sofort mit voller Bodenfläche aufsitzt und Verdrehungen des Schiffskörpers vermieden werden. Sobald der Wagen mit dem Schiff zusammen aufgezogen ist und sich an dem vorbestimmten Platze befindet, wird die Sperrvorrichtung zwischen Ober- und Unterwagen gelöst und der Unterwagen um etwa 1 m auf den Schienen weiter gewunden. Die Folge ist, daß sich der zurückbleibende Oberwagen um etwa 5 cm hebt, indem seine keilförmig geformten Auflager auf den Rädern des Unterwagens abrollen. Nun werden unter den so gehobenen Schiffskörper die Pallhölzer ohne Zwang und ohne Einkeilen in kurzer Zeit untergesetzt und das Fahrzeug damit endgültig auf die für die Ausbesserung bestimmte Stelle abgesetzt. Nachdem dies geschehen, läßt man den Unterwagen durch Nachlassen der Winde infolge der Schwerkraft in seine alte Lage zum Oberwagen zurückgleiten, der dadurch in der umgekehrten Bewegung wie vorher wieder um 5 cm gesenkt wird und nunmehr das Schiff freigibt. Durch neuerliches Einhaken der Sperrklinke wird der Oberwagen mit dem Unterwagen in der ursprünglichen Stellung wieder gekuppelt und nunmehr das ganze System für eine weitere Verwendung freigegeben. Durch die kurze Bewegung des Unterwagens gegenüber dem Oberwagen, die nur einen Bruchteil der ursprünglichen Aufzugskraft erfordert, wird also die sonst viele Stunden beanspruchende Arbeit des Hochkeilens mit der Bummelramme überflüssig.

Abb. 7. Fahrbarer Auslegerkran.

Eine Musteranlage ist in Emden auf dem staatlichen Bauhof im Betrieb. Die Anlage wird von C. Carsens, Emden, geliefert. Der in Abb. 1 bis 6 dargestellte Schleppwagen ist als Querwagen gebaut und hat etwa 40 t Tragfähigkeit. [M 323]
Regierungsbaurat Dr.-Ing. E. H. Lachmann.

Hebezeuge.

Ein neuer Schlackenhaldenkran.

Die Schlackenabfälle der Kesselanlage der Niederschlesischen Elektrizitäts- und Kleinbahn-A.-G., Waldenburg, werden durch einen fahrbaren Auslegerkran, Abb. 7, auf 17 m aufgeschüttet, wobei zur Bedienung des Krans 1 bis 2 Arbeiter erforderlich sind.

Elektrische Lokomotiven befördern in Zügen von etwa 16 Kippwagen die Schlacke vom Kesselhaus bis zu dem am Ende des Zufuhrgleises auf kräftigen Eisenbahnschienen aufgestellten Kran. Auf der Gleisschleife, die mit dem drehbaren Untergestell des Krans fest verbunden und mittels Rollen auf dem Zufuhr- und Abfuhrgleis bewegt wird, werden die vollen Wagen der Reihe nach an einem Gehänge angeschlagen, das durch zwei Drahtseile an den beiden Seiltrommeln der Laufkatze hängt. Zwischen den Seiltrommeln befindet sich eine Zugseiltrommel, deren Durchmesser so bemessen ist, daß die Zugkraft zum Verfahren der Katze größer ist als zum Heben des Wagens, so daß sie ohne besondere Verriegelung in der untersten Stellung stehen bleibt. Das Hubseil läuft von der Hubtrommel des Windwerkes über eine im obersten Teil des Auslegers befindliche Führungsrolle nach der mittleren Zugseiltrommel der Laufkatze. Der Kasten des Kippwagens wird zunächst in senkrechter Richtung ohne Untergestell gehoben, bis das Gehänge mit dem Anschlag an der Katze zusammentrifft, und darauf ohne weiteres auf der Fahrbahn des Auslegers nach oben befördert. Die Katze läuft auf vier Stahlgußrädern mit Rotgußausfütterung.

Der Ausleger, der auf seinem Untergurt die Laufkatzenfahrbahn trägt, ist nach jeder Seite um 60° drehbar, so daß die Schlackenhalde, ohne den Standort des Kranes zu verändern, in ihrer ganzen Breite bestrichen werden kann. Dreh- und Fahrbewegung leitet der Führer mittels Handkurbel unter Zwischenschaltung von Ketten- und Zahnradgetrieben ein. Dagegen vermittelt eine elektrisch angetriebene Stirnrad-Aufzugwinde die Hub- und Fahrbewegung der Laufkatze.

Der Führerstand und der Steuerhebel für die Aufzugmaschine befinden sich neben dem Gleis an der Anschlagstelle der vollen Wagen. Der Führer schiebt die einzelnen Wagen unter die Laufkatze, schlägt das Gehänge an und legt den Steuerhebel in die Fahrrichtung. Am oberen Ende des Auslegers wird die Laufkatze mit dem gefüllten Wagen durch die an der Winde angebrachte selbsttätige Endausrüstung stillgesetzt und der Wagen durch eine einfache Kippvorrichtung entleert. Zur Abwärtsbewegung des entleerten Wagens wird der Steuerhebel in entgegengesetzte Richtung gelegt und die selbsttätige Endausrückung rückt den Hebel in seine Mittelstellung zurück. Der leere Wagenkasten gelangt wieder in sein Untergestell, wird von dem Führer auf das Leergleis geschoben und von der Lokomotive in Zügen von ebenfalls 16 Wagen nach dem Kesselhaus zurückbefördert.

Der Betrieb beim Schlackenhaldenkran geht in der Weise vor sich, daß die Lokomotive die beladenen Wagen hinter der Weiche auf die Gleisschleife stößt und die auf dem Leergleis befindlichen Wagen nach dem Kesselhause zurückbringt. Soll der Kran seine Stellung ändern, so kann man ihn verschieben.

Abb. 8. Zeigerschnellwage für 500 bis 2000 kg Tragkraft von Gebr. Dopp A.-G.

a Wiegebrücke
b Entlastungshebel
c Stützkegel
d Gestänge
e Exenter
f Pfannen
g Schneiden
h Wiegehebel
i Zugstange
k Federn
l Zahnstange
m Triebwelle
n Zeiger
o Tarierschraube

Die Leistungsfähigkeit dieses mit 10 PS-Nebenschlußmotor versehenen Haldenkranes, der von der Carlshütte A.-G., Waldenburg-Altwasser, gebaut wurde, beträgt 15 000 kg/h. [M 360]

Meßgeräte.

Neuzeitliche Zeigerschnellwagen.

Die Firma Gebrüder Dopp, Maschinen- und Waagenfabrik-A.-G., Berlin, baut eine Zeigerschnellwage, die von der deutschen Eichordnung zur Eichung für den amtlichen Gebrauch der Eisenbahn in Gepäck- und Güterabfertigungen bis 2000 kg Tragkraft zugelassen ist. Die Wage zeichnet sich gegenüber andern Bauarten durch große Schnelligkeit des Wiegens aus.

Die Einzelheiten der Wage sind aus Abb. 8 zu erkennen; sie ist aus Schmiedeisen und Stahl kräftig ausgeführt und mit Handhebelzwangentlastung der Schneiden und Pfannen und des Zeigerwerks versehen. Zur Wägung wird die Last auf die Wiegebrücke *a* gebracht und der Entlastungshebel *b* umgelegt, wodurch die Stützkegel *c* mittels des Gestänges *d* und der Exzenter *e* gesenkt werden und sich die Brücke mit ihren Pfannen *f* auf die Schneiden *g* der Wiegehebel *h* aufsetzt. Von den Wiegehebeln *h* wird die Lastwirkung durch die Zugstange *i* auf die Federn *k* übertragen. Durch die mit den Federn verbundene Zahnstange *l* wird die Federdurchbiegung auf die Triebwelle *m* übertragen, worauf der Zeiger *n* sitzt. Mit der Trarierschraube *o* wird der Nullpunkt der Wage durch Höher- und Tieferstellen der Federn eintariert.

Bei derartigen Federwagen ist die Anordnung der Feder zur Vermeidung von Wiegefehlern über die zulässige Eichfehlergrenze bei verschiedenen Temperaturen von besonderer Bedeutung. Der Einfluß der Temperaturänderung auf die Wiegefedern ist vollständig beseitigt, da sie zum Teil aus gewöhnlichem gehärtetem Gußstahl, zum Teil aus ungehärtetem Nickelstahl mit 36 vH Nickelgehalt bestehen. Die Zusammensetzung ist so gewählt, daß das Produkt aus dem Quadrat der Drehbeanspruchung, dem Schubkoeffizienten und dem Volumen für alle Temperaturen unveränderlich ist. Infolgedessen ist auch die Durchbiegung der Federn bei allen Temperaturen für dieselbe Last gleich. Ein Nachlassen der Federn im Betriebe kommt bei richtiger Bemessung und richtiger Auswahl des Baustoffs auch nach jahrelangem Betriebe nicht vor.

Die elastischen Nachwirkungen sind in der Praxis ohne Bedeutung, sofern keine größeren Anforderungen an die Wägung gestellt werden, als der eichgesetzlich zugelassene Verkehrsfehler,

Abb. 9 und 10. Neigungswage von Gebr. Dopp A.-G.
a Zugstange *b* Zwischenhebel *c* elastisches Stahlband *d* Exzenterscheibe *e* Achse *f* Pendelgewicht *g* Zahnsegment *h* Zahntrieb *i* Welle *l* Typenrad *m* Zeiger *n* Druckhammer *o* Dämpfung.

der z. B. bei einer Last von 1000 kg ± 2 kg ist. Die in Abb. 8 dargestellte Wage weist vier Wiegefedern auf, von denen zwei aus Gußstahl und zwei aus Nickelstahl bestehen und deren Längen so bemessen sind, wie es die oben angegebene Formel verlangt.

Diese Wagen lassen sich auch als Neigungswagen mit Dämpfung des Gewichtsanzeigers gemäß Abb. 9 und 10 bauen; Ermüdungserscheinungen des Materials und Beeinflussung durch Temperaturschwankungen, die sich bei der Federwage nur durch besondere Maßnahmen, wie gezeigt, vermeiden lassen, sind bei der Neigungswage so gut wie ausgeschlossen. Die mit der Wiegebrücke verbundene Zugstange *a* hängt am Zwischenhebel *b* und wirkt durch das elastische Stahlband *c* auf die Exzenterscheibe *d*, die um eine Achse *e* schwingt und mit dem Pendelgewicht *f* verbunden ist. Auf der Achse *e* sitzt ein Zahnsegment *g*, das auf einen Zahntrieb *h* wirkt, letzterer sitzt auf einer Welle *i*, die das Typenrad *l* und den Zeiger *m* trägt. Typenrad *l* und Zeiger *m* stellen sich daher unter der Einwirkung der Last entsprechend der Stellung des Pendelgewichts selbsttätig ein; Pendelungen des Gewichtanzeigers werden durch die Dämpfung *o* auf einen Mindestwert gebracht. Die eingestellte Type wird durch den Druckhammer *n* entweder mit der Hand oder selbsttätig auf eine Fortschreibvorrichtung übertragen.

Gewöhnlich wird das Zeigergehäuse neben dem Laufgewichtbalken der Wage angebracht und durch einen Zwischenhebel mit diesem verbunden. Man kann dann entweder den Laufgewichtbalken zur Wägung einschalten oder den Zeigerapparat. Der Zeigerapparat zeigt bei langsamer Fortbewegung des Zuges das Gewicht jedes über die Wage rollenden Fahrzeuges selbsttätig an. An den Gleisschienen ist eine durch die Räder des Waggons betätigte Steuerungseinrichtung angebracht. Sobald das Fahrzeug von der Wiegebrücke abläuft, betätigt es durch diese Steuerung und ein Übertragungsgestänge den Druckhammer im Zeigergehäuse, und dieser druckt das selbsttätig eingestellte Gewicht von dem Typenrad mittels Farbbandes auf einen selbsttätig fortlaufenden Schreibstreifen. Auf diese Weise erhält man sämtliche Fahrzeuggewichte untereinander gedruckt. Diese Steuerung ist nur verwendbar für zweiachsige Fahrzeuge gleichen Radstandes, wie sie in der Industrie und Landwirtschaft zahlreich vorkommen. Bei Fahrzeugen verschiedenen Radstandes muß man den Abdruck des Gewichtes mit der Hand auslösen.

[M 18] Przygode, Reg.-Bmstr. a. D.

Abb. 12. Einsatztiegel mit Quarzstücken.

Preisausschreiben der Deutschen Reichsbahn der Spannungs- und Schwingungsmesser für eiserne Brücken[1]).

Um den vorgetragenen Wünschen der Bewerber gerecht zu werden und zur Beteiligung an dem Preisausschreiben nochmals anzuregen, hat sich die Deutsche Reichsbahngesellschaft mit Zustimmung des Preisgerichtes entschlossen, die Frist für die Einreichung der betriebsfähigen Apparate vom 1. Juni 1925 auf den 1. April 1926 zu verschieben. Die angesetzten Preise bleiben bestehen. Sie werden nach praktischer Erprobung der Apparate, für die eine Dauer von etwa 4 Monaten zu rechnen ist, verteilt.

Das Preisausschreiben ist international. Im übrigen werden die Wettbewerbsbestimmungen des Verbandes Deutscher Architekten- und Ingenieurvereine angewendet. [N 558]

Glastechnik.

Das elektrische Schmelzen von Quarz nach dem Vakuum-Kompressionsverfahren.

Der geschmolzene Quarz hat vorzügliche optische und physikalische Eigenschaften. Die Aufgabe, Quarz wirtschaftlich glasklar und blasenfrei zu schmelzen, hat daher schon viele beschäftigt; es sind zahlreiche Verfahren bekanntgeworden, die zum Ziele führen sollten. Ich wurde ebenfalls veranlaßt, mit meinen elektrischen Schmelzöfen Quarzschmelzversuche anzustellen, die nach Beseitigung vieler Schwierigkeiten zum vollen Erfolge führten.

Die Schmelztemperatur des Quarzes liegt über 2000 °C. In den Helberger-Schmelzöfen ist diese Temperatur leicht zu erreichen. Schwieriger war die Tiegelfrage zu lösen. Bei Verwendung von reinen Kohle- oder Graphittiegeln färbte sich der Quarz. Sie mußten daher ausgeschaltet werden. Um geeignetes Tiegelmaterial zu finden, habe ich bekannte Metalloxyde und andere schwer schmelzbare Stoffe mit schmelzendem Quarz in Berührung gebracht. Viele solcher Stoffe bildeten mit dem Quarz Schmelzfluß, andere färbten ihn, z. B. Wolfram, wieder andere, wie

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 1352.

Thoriumoxyd, schienen geeignet, wurden aber vom Kohletiegel angegriffen.

Lediglich ein Stoff wurde gefunden, der sich weder mit dem Quarz verband noch durch den Tiegel beeinflussen ließ, nämlich Siliziumkarbid. Die Verwendung des Siliziumkarbides als Tiegelmaterial ist Gegenstand des DRP Nr. 288417 vom 10. Januar 1914.

Bei der Verwendung solcher Siliziumkarbid-Tiegel gelang es, Quarz glasklar zu schmelzen, jedoch noch nicht blasenfrei. Durch die Überlegung, daß die Luftblasen in dem geschmolzenen Quarz bei der hohen Erstarrungstemperatur von fast 2000 °C einen viel größeren Raum einnehmen, also bei gewöhnlicher Temperatur beinahe luftleer sind, kam mir der Gedanke, den Quarz in einem mit verdichteten Gasen angefüllten Raume erstarren zu lassen. Die Verdichtung sollte nicht allein dazu dienen, die Luftblasen zu verkleinern, sondern auch etwa sich aus Siliziumoxyd-Dämpfen bildende Blasen zu absorbieren, ferner aber, um die Luftblasenbildung von vornherein möglichst zu verhindern, erst diesen Schmelzraum luftleer zu pumpen. Dieses Verfahren wurde im Jahre 1911 zum Patent angemeldet und in Deutschland vom 10. Dezember 1913 ab patentiert.

Die beiden Patentansprüche haben folgenden Wortlaut:

I. Verfahren zum Schmelzen von Quarz dadurch gekennzeichnet, daß derselbe in einem Raum elektrisch geschmolzen wird, der so lange ausgepumpt wird, bis der Quarz flüssig ist, und der mit gepreßtem Gas gefüllt wird, sobald der Quarz geschmolzen ist und mit gepreßtem Gas gefüllt bleibt, bis der Quarz erstarrt ist. Dies zu dem Zweck, ein blasenfreies Schmelzgut zu erhalten.

II. Verfahren zum Schmelzen von Quarz nach Anspruch I, bei dem der der Leere folgende Gasdruck so bemessen ist, daß er die eingeschlossenen Gasblasen zwingt, den Raum einzunehmen, den sie bei gewöhnlicher Temperatur eingenommen hätten. Dies zu dem Zweck, Innenspannungen in dem Schmelzgut zu vermeiden.

Der neuerbaute elektrische Schmelzofen, Abb. 11, besteht in der Hauptsache aus einem Stufentransformator und dem Vakuum-Druckbehälter, der die Kontakte für den Tiegel in seinem Inneren aufnimmt. Der Behälter hat außerdem die nötigen Sicherheitsventile, Kühlung durch Wasser, das den Behälter während des Betriebes fortwährend mit einem dünnen Wassermantel umgibt, ferner ein Guckloch mit einer Quarzlinse und einem Druckmesser und Barometer für die Beobachtung der Luftleere.

Mittels einer umlaufenden Pumpe wird der Behälter luftleer gehalten, während der Druck durch Preßgase aus Stahlflaschen erzeugt wird. Schon die ersten Versuche zeitigten gute Ergebnisse. Innerhalb 20 min konnten glasklare, blasenfreie Stücke bis 500 g und 12 cm Dmr. geschmolzen werden. Die ersten glasklaren Stücke wurden Ende 1913 in diesem Ofen geschmolzen[1]). Leider enthielten diese Stücke teilweise Schlieren, es können aber nur schlierenfreie Stücke für viele optische Zwecke verwendet werden. Man sollte annehmen, daß in dem reinen Bergkristall die Entstehung solcher Schlieren ausgeschlossen sei, jedoch ist der Kristall nicht so rein, wie es scheint, sondern er enthält mikroskopisch kleine Wassertröpfchen und Kohlensäure, Kochsalz und kleinste Glasteilchen. Letztere beiden genügen vollständig zur Schlierenbildung, während die Wassertröpfchen zur Blasenbildung Veranlassung geben.

Um optisch einwandfrei geschmolzenen Stoff zu erhalten, wäre es nötig, die zu schmelzenden Stücke vorher genau zu untersuchen und nur Stücke zu wählen, bei denen keinerlei Einschlüsse nachweisbar sind.

Auch wurde schon bei den Anfangsversuchen festgestellt, daß Bergkristalle verschiedener Herkunft ganz verschiedene, aber in ihrer Verschiedenheit gleichmäßige Ergebnisse zeitigten.

So verhielt sich der Gotthardquarz wesentlich anders als der Madagaskarquarz, ebenso Kristalle von Frankreich und von Brasilien. Um die geeignetsten Steine zu erhalten, wurden Proben aus allen in Betracht kommenden Ländern beschafft. Zum Schmelzen eigneten sich am besten Quarzkristall aus Brasilien und vom Gotthard.

Dem eigentlichen Schmelzen muß die Zubereitung des Schmelzgutes und der Tiegel vorausgehen. Die vollständigen Kristalle werden in ihrer Urform eingesetzt. Wenn die Kristalle heiß werden, springen sie in kleine Teile, die explosionsartig an die Wände des Tiegels anprallen, wobei Tiegelteilchen abgerissen werden und in das Schmelzgut gelangen. Um diese Verunreinigungen zu vermeiden, erhitzt man besser die Kristalle erst in einem besonderen Tiegel auf rd. 600 °C. Die zersprungenen Teile werden dann ausgesucht und die besten Stücke in den Einsatztiegel gefüllt.

Diese Einsatztiegel wurden anfangs nach DRP Nr. 288417 ausgestattet, später wurde mit mehr Erfolg der Tiegel selbst siliziert und zwar im gleichen Ofen dadurch, daß Abfallquarz darin geschmolzen wird. Je besser die Silizierung ist, um so besser wird das Schmelzgut. Der Einsatztiegel mit den Quarzstückchen, Abb. 12, wird unter dem glockenförmig zwischen den

[1]) An dieser Stelle sei Prof. Steinheil der Dank für seine vielen Bemühungen und Anregungen ausgesprochen.

Abb. 11. Elektrischer Schmelzofen, bestehend aus Stufentransformator und Vakuum-Druckbehälter.

Kontakten befindlichen Heiztiegel eingesetzt. Der Heiztiegel ist ebenfalls innen siliziert.

Nach luftdichtem Verschließen des Ofens wird der Strom eingeschaltet und die Luftleere hergestellt. Durch Versuche ist genau ermittelt worden, wie lange und wie stark der elektrische Strom einwirken muß, um die Quarzkristalle zu schmelzen. Die Vakuumpumpe arbeitet während der ganzen Schmelzzeit, da sie nicht allein die Blasenbildung verhindern, sondern auch die sich bildenden Gase absaugen muß, denn die kleinste Unreinheit trübt den Quarz. Ist das Gut geschmolzen, so wird die Vakuumpumpe abgestellt, und das verdichtete Gas wird, ohne daß der elektrische Strom unterbrochen wird, eingelassen. Je höher der Druck, um so besser das Ergebnis. Gewöhnlich wurde mit 20 at gearbeitet. Dann kann der elektrische Strom unterbrochen werden, jedoch muß die Erkaltung unter Druck stattfinden.

Die Stromverhältnisse sind so zu wählen, daß die einzelnen Kristalle gerade zusammenfließen. Eine zu geringe Hitze verhindert das Zusammenfließen, während eine zu hohe Temperatur das Erzeugnis blasig macht. Überhitzter Quarz verdampft nicht nur an der Oberfläche, es bilden sich vielmehr auch in seinem Innern Dampfblasen; diese können so überhand nehmen, daß eine schaumige Quarzmasse entsteht, die wie Bimstein auf dem Wasser schwimmt.

Vielleicht wird dieses Erzeugnis noch einmal als überaus feuerfestes Wärmeisoliermittel eine Rolle spielen, wenn man dazu übergeht, die schaumige Quarzmasse fabrikmäßig im großen Umfange darzustellen. Über den Stromverbrauch geben 35 ausgeführte Schmelzungen zu je 500 g Aufschluß. Er betrug 884 kWh, also bei einer Schmelze 25 kWh und für 1 kg Quarzgut 50 kWh. Bei größeren Mengen ändert sich der Stromverbrauch in günstiger Weise; ein glasklar geschmolzener Quarz kann so nach obigem Verfahren wirtschaftlich hergestellt werden.

Die günstigen optischen Eigenschaften des glasklar geschmolzenen Quarzes sind in Fachkreisen längst bekannt; besonders hervorzuheben ist die nahezu vollständige Durchlässigkeit für alle Strahlen des Sonnenspektrums. Während das gewöhnliche Glas die heilkräftigen ultravioletten Strahlen absorbiert, werden diese von Quarzscheiben nicht aufgehalten und können ihre gesunden Wirkungen auch in geschlossenen Räumen zur Geltung bringen. In jedem Wohnraum und in jedem Sanatorium sollten die Fenster aus Quarzglas hergestellt werden. Auch in den Gewächshäusern dürfte die Anwendung von Quarzgläsern für das Wachstum der Pflanzen große Bedeutung besitzen. Ebenso üben große Linsen aus Quarzglas mit entsprechendem Filter, wie schon der Däne Finsen entdeckt hat, auf viele krankhafte Gebilde eine heilende Wirkung aus. Mit einer mit einem Silberfilter versehenen Quarzlinse in Verbindung mit einem leicht verstellbaren Ständer liegen praktische Versuche vor. Fettgeschwulste, die vom Arzt durch chirurgischen Eingriff beseitigt werden sollten, verschwanden innerhalb 10 Tagen bei einer täglichen Sonnenbestrahlung von rd. ¼ h. Diese Linsen werden mit einem Silberfilter, der die roten und ultraroten, also die sogenannten Wärmestrahlen nicht durchläßt, versehen.

Die Arbeiten an der wirtschaftlichen Ausnutzung dieses Verfahrens mußten infolge des Krieges und dessen Folgen sehr eingeschränkt werden. Während des Krieges war strengste Geheimhaltung aus naheliegenden Gründen geboten, in der Kriegsnachzeit, an der wir heute noch zu leiden haben, stellten die Unternehmen, die für diese Sonderherstellung in Betracht kommen, ihre Betriebe mit den vorhandenen Maschinen um; für den immerhin kostspieligen Ausbau eines neuen Herstellungszweiges waren keine Mittel vorhanden. Es wäre zu hoffen, daß jetzt nach dem Ausbau der Wasserkräfte auch Quarzschmelzanlagen entstehen würden, damit dieses kostbare Gut nicht vom Ausland eingeführt zu werden braucht. [M 551] M. Helberger.

Drehschaufelregelung bei Kreiselpumpen und Turbinen. Die Veröffentlichungen über „Hydraulische Hochspeicherkraftwerke" in Z. Bd. 68 (1924) Nr. 46 und in Nr. 14 ds. Js. S. 452 geben mir Anlaß zu folgender Mitteilung:

Der bekannte Altmeister des Turbinenbaues, Prof. C. Fink, von der damaligen Königlichen Gewerbeakademie in Berlin hat im Jahre 1878 ein Buch „Theorie und Konstruktion der Brunnen-Anlagen, Kolben- und Zentrifugalpumpen, der Turbinen, Ventilatoren und Exhaustoren" herausgegeben. Es ist im Verlage von Rudolf Gaertner in Berlin erschienen in „zweiter, sehr vermehrter und verbesserter Auflage".

Auf S. 272 bemerkt Prof. Fink, daß auf Blatt 8 eine Zentrifugalpumpe dargestellt sei, die von ihm für eine sehr bedeutende Entwässerungsanlage entworfen wurde und drehbare Leitschaufeln habe, ähnlich den von ihm für Turbinen konstruierten. Es zeigt sich also, daß Prof. Fink drehbare Leitschaufeln bei Zentrifugalpumpen schon vor dem Jahre 1878 ausführte. Auf S. 225 gibt Prof. Fink überdies auch die „drehbare Schaufel im Laufrad von Turbinen" an, und zwar — wenn auch ohne bildliche Darstellung — in aller Ausführlichkeit und Klarheit.

Wir verdanken also Prof. Fink nicht nur die allbekannte drehbare Leitschaufel für Turbinen, sondern auch die drehbare Schaufel im Laufrad von Turbinen und die drehbare Leitschaufel für Kreiselpumpen.

Waltendorf b. Graz. [N 459] Prof. R. Honold.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Arbeitskunde. Grundlagen, Bedingungen und Ziele der wirtschaftlichen Arbeit. Unter Mitwirkung von O. Biener, A. Bloß, A. Fischer, H. Gaudig †, F. Giese, J. Handrick, W. Hellpach, H. Herxheimer, O. Hummel, Fr. Kölsch, O. Lipmann, K. Mühlmann, L. Preller, H. Reiter, E. Rosenstock, F. Sander. Herausgegeben von Joh. Riedel. Leipzig und Berlin 1925. B. G. Teubner. 364 S. mit 35 Abb. Preis geb. 15 ℳ.

Der Herausgeber übergibt der Öffentlichkeit dieses Buch mit dem Hinweis, „daß das Werk der Arbeitskunde dienen, also wissenschaftliche Erkenntnis für die Regelung von Lebensfragen auf dem Felde der Arbeit finden und verbreiten helfen solle". Es ist selbstverständlich, daß, wenn sich 17 Männer von bekanntem, teilweise sogar hervorragendem Ruf miteinander verbinden, um ein derartiges Werk zu schaffen, Bedeutsames zustande kommt. Es ist aber ebenso verständlich, daß es außerordentlich schwierig ist, die Arbeit so zahlreicher, sich selbst bewußter Persönlichkeiten so miteinander zu verschmelzen, daß daraus der Eindruck eines einheitlichen Werkes entsteht. Es kann garnicht geleugnet werden, daß diese schwierige Aufgabe dem Herausgeber nicht nach jeder Richtung hin gelungen ist. Zum Teil stehen die einzelnen Abschnitte und Kapitel einander unvermittelt gegenüber, zum Teil haben sich Wiederholungen nicht vermeiden lassen. Aber man muß sich darüber klar sein, daß derartige Mängel bei solchen Sammelarbeiten wohl niemals vollkommen vermeidbar sind, und es muß durchaus anerkannt werden, daß sie nicht in einer Form überwuchern, die den Wert des Ganzen wirksam beeinträchtigt.

Zu den Einzelheiten des Buches sei bemerkt, daß es nach einer Einleitung des Herausgebers in drei Hauptteile zerfällt:

I. Das Problem der Arbeitsgestaltung,
II. Arbeitswissenschaftliche Grundlagen,
III. Einzelfragen der Arbeitsgestaltung.

Von diesen nimmt der dritte und letzte Teil fast zwei Drittel des Ganzen in Anspruch. Die Einleitung, die sich mit den Begriffen „Arbeit, Arbeitswissenschaft und Arbeitskunde" beschäftigt, gibt im Schluß den Plan des Werkes, wobei die bereits erwähnte Erklärung dessen, was sich der Herausgeber als seine Aufgabe gedacht hat, als grundsätzlich bedeutsam nochmals hervorgehoben werden mag, und schließt damit, daß das Buch bestimmt sein soll für jeden, „der selbst in der Praxis als Unternehmer, Betriebsleiter, Organisator, Wirtschafts- oder Sozialpolitiker, Arbeiter, Betriebsrat, Gewerkschaftsführer usw. an der Arbeitsgestaltung mitschafft, und der sich bemüht, wissenschaftliche Ergebnisse bei seinen Entschlüssen mit heranzuziehen, und für den, der forschend, lernend oder lehrend in die Probleme der Arbeitskunde oder Arbeitsgestaltung einzudringen versucht".

Auf jeden einzelnen Aufsatz näher einzugehen, würde leider zu weit führen. Es werden Fragen behandelt, die im Kreise der Betriebsingenieure in den letzten Jahren oft und eingehend besprochen worden sind und lebhafte Meinungskämpfe hervorgerufen haben. Besonderer Beachtung bedarf u. a. der dritte Abschnitt: „Die psychischen Wirkungen der menschlichen Umwelt" von Alois Fischer, wird doch den hier behandelten Fragen in der Praxis nicht die Bedeutung beigemessen, die sie haben. Dankbar muß man es begrüßen, wenn Fischer unter „Grenzen der Arbeitsteilung" das Märchen von der Verschlechterung der handwerklichen Leistungen in der Neuzeit gegenüber der Vergangenheit zurückweist, wenn er ohne den Industrialismus als höchstes Ziel anzuerkennen, doch der Maschine den ihr gebührenden Ehrenplatz als eines der größten Hilfsmittel bei der Höherentwicklung des Menschengeschlechtes zuweist, vor allem aber, wenn er unter „Herrschaft und Führung" auf das große Problem der wahren Führerschaft hinweist, die „Technik der Menschenbehandlung" streift und versucht, die „Arbeit als sozialen Dienst" aus der Sphäre einer reinen Nützlichkeitsfrage auf die höhere Stufe einer ethischen Notwendigkeit für jedes menschliche Wesen emporzuheben. Das ungemein wichtige Thema „Auswahl und Verteilung der Arbeitskräfte" wird von dem auf diesem Gebiete besonders bekannten Fritz Giese behandelt, der nach einer Erörterung der leitenden Gesichtspunkte sich mit der Methode und sodann mit den Ergebnissen, die aus diesen Ausführungen zu ziehen sind, beschäftigt. Für den Praktiker, der auf diesem Gebiet tätig ist, werden diese Ausführungen in vieler Hinsicht eine Überraschung sein, und zwar insofern, als hier doch von berufenster Seite anerkannt wird, daß die Verfahren der Psychotechnik gerade auf Grund der neuesten Forschungen nur mit großer Vorsicht in der industriellen Praxis angewandt werden dürfen. Bedenklich erscheint, daß die Darlegungen für denjenigen, der sich nicht als Sonderfachmann bezeichnen darf, zum Teil recht schwer verständlich sind, so daß es sich bei diesem Kapitel noch mehr als bei den sonstigen Darlegungen des ganzen Buches nur um ein Studium, nicht um eine Lektüre handeln kann. Unter dem Titel „Lehre und berufliche Schule" gibt der verdienstvolle Schulfachmann Karl Mühlmann aus dem reichen Schatz seiner Erfahrungen Ausführungen, die man nur Wort für Wort unterschreiben und von denen man allein bedauern kann, daß sie bei dem notgedrungen geringen Umfange von knapp 11 Seiten dem Verfasser nicht die Möglichkeit bieten konnten, tiefer schürfend den Leser in diese, fast möchte man sagen bedeutsamste Frage unserer ganzen kulturellen und wirtschaftlichen Zukunft einzuführen.

Wenn bei der Eigenart des Buches den darin enthaltenen Ausführungen sachlich durchaus nicht immer restlos zugestimmt werden wird, und wenn gegen den Aufbau und die Art der Entstehung manches einzuwenden wäre, so ist dies Werk trotzdem sehr bedeutsam, gerade für den Kreis der Leser der VDI-Zeitschrift. Es zeigt durch die ungeheuerliche Fülle der Gesichtspunkte, von denen aus die „Arbeit" beurteilt werden muß, wenn wir gerecht urteilen wollen, wo die Mängel unserer spezifischen Bildung und Einstellung liegen. Auch wer keine Zeit hat, dieses Buch eingehend zu studieren oder gar von ihm aus weitergehend sich in das angegebene literarische Quellenmaterial zu versenken, sollte es doch einmal durchblättern und diesen oder jenen Abschnitt näher betrachten: Der Leser wird dankbar die Förderung anerkennen, die ihm als Mensch und Fachmann daraus erwächst, und kann auch seine Berufsarbeit wirkungsvoller gestalten. [E 533] Friedrich Meyenberg.

Mitteilungen aus dem Forschungsheim für Wärmeschutz (E. V.) Herausg. v. Dr. E. Schmidt. Heft 5. München, Dezember 1924. 93 S., 3 Taf. Selbstverlag.

Im ersten Teil des Heftes hat Dr.-Ing. E. Schmidt, der Leiter des Forschungsheims, die Wärmeleitzahlen von mehreren hundert Stoffen zusammengestellt. Nach einer kurzen Einleitung folgen die Stoffe in Gruppen, z. B. Torf und Holz, Faserstoffe, Wärmeschutzmassen für verschiedene Zwecke, Baustoffe, natürliche Gesteine, feuerfeste Steine, Metalle und Legierungen, Flüssigkeiten und Gase. Die Art der Darstellung ermöglicht dem Leser selbst ein Urteil, wie weit sich die Werte mit der Temperatur, dem Raumgewicht, der Reinheit und der Feuchtigkeit der Stoffe verändern können. Von besonderm Wert für die Praxis ist, daß der Verfasser zwar die ganze deutsche und ausländische

Forschung berücksichtigt, aber nur die wissenschaftlich zuverlässigen und die technisch wichtigen übernommen hat.

Der zweite Teil von Dipl.-Ing. Wrede bringt Linientafeln zur Berechnung von isolierten Rohrleitungen. Die Tafeln gestatten, rasch und ohne besondre Vorkenntnisse den Wärmeverlust auf 1 m Rohrlänge und bei Dampfleitungen auch den Temperaturabfall längs des Rohres einwandfrei zu bestimmen.

Das ganze Heft bedeutet eine notwendige und wertvolle Bereicherung unsres Schrifttums. [E 599] Gröber.

Braunkohlenschwelöfen. Von Betriebsdirektor A. Thau. Halle a. S. 1924, Wilh. Knapp. 44 S. m. 32 Abb. Preis geh. 4,20 *M*, geb. 5,50 *M*.

Thau gibt in dem Werk eine Zusammenstellung der verschiedenen Schwelöfen, wie sie von Dr. Edmund Rolle, der Direktor der im Jahre 1856 gegründeten Sächsisch-thüringischen Aktiengesellschaft zu Gerstewitz war, geschaffen wurden. Alle von Rolle selbst oder auf Grund älterer Erfahrungen in der Braunkohlenindustrie gemachten Entwicklungen sowie die neueren Verfahren sind ausführlich beschrieben. [E 548] Tr.

Les Lignites et leurs Applications Industrielles. Von Edmond Marcotte Paris 1925, Gauthier-Villars et Cie. 328 S. m. 70 Abb. Preis geh. 20 Frcs.

Dieses Buch, das die älteren mit solchen Brennstoffen durchgeführten Verschwelungs- und Brikettierungsverfahren ausführlich beschreibt, legt den Hauptwert auf die deutschen Verschwelungsverfahren, vergißt aber, der neueren Verfahren Erwähnung zu tun, wie z. B. des Limbergschen Verfahrens, der Verfahren der Apparate-Vertriebs-Gesellschaft, der Pintsch A.-G., der Deutschen Mondgas- und Nebenprodukten-Gesellschaft. Das Buch kann daher keine abschließenden Erfahrungen bringen, sondern muß sich beispielsweise mit den in mancher Beziehung recht zweifelhaften Erfolgen des Perterschen Verfahrens begnügen und ist dementsprechend nicht vollständig zu nennen. Es bringt aber anderseits so viel Einzelheiten über die Verfahren in Frankreich und in ganz Europa, daß es doch als eine sehr begrüßenswerte Erscheinung in der Literatur bezeichnet werden kann. [E 546] Tr.

Der Gleit- und Segelflugzeugbau. Von Alfred Gymnich. Berlin 1924, R. C. Schmidt & Co. Preis 8 *M*.

Gymnich beweist mit diesem Buch, daß er den Zweck der Segelflugbewegung und ihre Aufgaben richtig erkannt hat. Er ist ein überzeugter Verfechter des reinen Segelfluges und kennt als solcher die Hindernisse, die seiner raschen, uns wünschenswerten Verbreitung entgegenstehen. Bekanntlich ist der Segelflugbewegung nicht allein damit gedient, daß Segelflugzeuge fabrikmäßig hergestellt werden, damit man sie kaufen kann, um Sport damit zu treiben, gar nicht zu reden vom leidigen Kostenpunkt, der für die in Frage kommenden Abnehmer, wie Vereine und meist unbemittelte Flugbegeisterte, unüberwindlich sein würde, sondern man legt größten Wert auf den Selbstbau der Geräte, der den heranwachsenden Ingenieur und Techniker für das immerhin noch neue und aus dem Rahmen fallende Gebiet frühzeitig erziehen soll.

Zu jedem Anfang aber ist ein gewisser Grundstock von Kenntnissen notwendig, und diese hat das vorliegende Buch mit Erfolg geschaffen. Es kann deshalb allen denen empfohlen werden, die in die Reihen der sportlich und baulich tätigen Segelflieger und damit der Flieger überhaupt eintreten wollen. Die von allem Überfluß befreite sachliche Behandlung der geschichtlichen, beschreibenden und allgemeinen Abschnitte wird denen willkommen sein, die sich einen Einblick in den Stoff verschaffen wollen. Die gediegene Ausstattung des Buches wird seiner Verbreitung zugute kommen. [E 69] Offermann.

Die Fermente und ihre Wirkungen. Von Prof. C. Oppenheimer. Nebst einem Sonderkapitel: Physikalische Chemie und Kinetik von Dr. R. Kuhn. Bd. I. 5. Aufl. Leipzig 1925, Georg Thieme. XII u. 775 S. 81 Abb. Preis geh. 42 *M*.

Die vierte Auflage dieses Werkes von 1913 ist seit einer Reihe von Jahren vergriffen. Der inzwischen riesenhaft angewachsene Stoff — der Umfang des vorliegenden ersten Bandes bleibt, wenn man die Vergrößerung des Formats in Rechnung zieht, nicht viel hinter demjenigen der beiden Bände der vierten Auflage zurück! — machte eine vollständige Neubearbeitung des Textes notwendig. Von den zehn Kapiteln sind vier der allgemeinen Chemie der Fermente gewidmet, ihrer Definition, Einteilung und Wirksamkeit, ihrer deskriptiven Chemie, der Wirkung äußerer Einflüsse, endlich der physikalischen Chemie und Kinetik der Fermente. Das letzte, an Umfang bei weitem größte Kapitel ist von R. Willstätter verfaßt. Kapitel 5 und 6 enthalten die Biologie der Fermente, ihr Vorkommen sowie ihre Bedeutung im Lebenshaushalt. Kapitel 7 bis 10 gehören bereits dem besonderen Teil des Werkes an und handeln von den Hydrolasen, deren Wirkung in einer hydrolytischen Spaltung des Substrats besteht.

Der überaus reiche Inhalt des Buches ist so vortrefflich durchgearbeitet und wird dem Leser in einer so schmackhaften Form dargeboten, daß sein Studium trotz der großen Zahl von Einzeltatsachen, die notwendig gebracht werden müssen, eher ein Genuß als eine ermüdende Anstrengung ist. Hoffentlich kann man dem Verfasser, wie jetzt zur Vollendung des ersten Bandes, in nicht zu ferner Zeit zum Abschluß des ganzen Werkes Glück wünschen. [E 484]

Böttger.

Männer der Technik. Ein biographisches Handbuch, herausg. v. Conrad Matschoß. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 306 S. m. 106 Abb. Preis 28 *M*.

Entwerfen im Kranbau. Ein Handbuch für den Zeichentisch. Bearb. von Rudolf Krell. In 2 Bänden. München u. Berlin 1925, R. Oldenbourg. Bd. 1: VII, 214 S., Bd. 2: 99 Taf. Preis geb. 32 *M*.

Die Lehre vom Wirtschaften. Von A. Schilling. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 297 S. m. 47 Abb. Preis 13 *M*.

Theorie u. Konstantenbestimmung des hydrometrischen Flügels. Von L. A. Ott. Berlin 1925, Julius Springer. 49 S. m. 25 Abb. Preis 4,50 *M*.

Der Eisenbeton, seine Berechnung und Gestaltung. Von Rudolf Saliger. 5. neubearb. u. erw. Aufl. 635 S. mit 480 Abb. u. 137 Zahlentafeln. Leipzig 1925, A. Kröner. Preis geb. 26 *M*.

Schwindspannungen in Trägern aus Eisenbeton. Von Leopold Herzka. Leipzig 1925, A. Kröner. VI, 137 S. m. 29 Abb. Preis geb. 7,50 *M*.

Der gußeiserne Rohrbrunnen — Thiembrunnen — für Wasserwerke. Von G. Thiem. 2. Aufl. Mit 9 Abb. Leipzig 1925, A. Kröner. Preis geh. 0,75 *M*.

Leitfaden für Acetylenschweißer. Von Theo. Kautny. 7. verb. Aufl. Halle 1925, Carl Marhold. 253 S. m. 202 Abb. Preis 3,50 *M*.

Geschichte der Eisendrahtindustrie. Von C. H. Döhner. Berlin 1925, Julius Springer. 106 S. m. 51 Abb. Preis 12 *M*.

Allgemeine Grundlagen der Elektrotechnik. Bearb. von C. Michalke. Berlin u. Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 167 S. m. 153 Abb. Preis 5 *M*.

Messungen an elektrischen Maschinen. Von Georg Jahn. 5. gänzl. umgearb. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 394 S. m. 407 Abb. Preis 21 *M*.

Kreiselpumpen. Von L. Quantz. 2. erw. u. verb. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 120 S. m. 132 Abb. Preis 4,80 *M*.

First General **Report of the Lignite Utilization Board of Canada.** Oct. 1st to Jan. 1st 1924. Montreal 1924, 263 S. m. 14 Taf. u. 64 Abb. Preis $ 1,50.

Eine ausführliche Würdigung des Berichts soll demnächst im Archiv für Wärmewirtschaft erscheinen.

Automobiltechnisches Handbuch. Herausg. von Richard Bussien. 11. Aufl. Berlin 1925, M. Krayn. XIV, 1112 S. Preis geb. 24 *M*.

Leitfaden der Technischen Wärmemechanik. Von W. Schüle. 4. verm. u. verb. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 294 S. m. 110 Abb. Preis geb. 7,50 *M*.

Technische Wirtschaftslehre. Von Theodor Janssen. Leipzig 1925, Wilhelm Engelmann. VIII, 379 S. m. 3 Abb. Preis geb. 16 *M*.

Enzyklopädie der Rechts- u. Staatswissenschaft. Herausg. v. E. Kohlrausch, W. Kaskel u. A. Spiethoff. L. 1: **Chemische Technologie.** Von Arthur Binz. Berlin 1925, Julius Springer. 81 S. m. 11 Abb. Preis 3,90 *M*.

25 Jahre Emschergenossenschaft. 1900—1925. Herausg. v. Dr. Helbing. Essen 1925, Selbstverlag. 550 S. m. zahlr. Abb. Preis geb. 28 *M*.

Praxis des Zahlenrechnens. Von Gottfried Rückle. Berlin-Charlottenburg 1925, Rom-Verlag. 126 S. Preis 8,50 *M*.

Straßendurchbrüche als Mittel für die Lösung des Berliner Verkehrsproblems. Von E. Giese. Berlin 1925, Verlag d. „Verkehrstechnik". 124 S. m. 47 Abb. Preis 10 *M*.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Neue Bauart von Kühltürmen.

Der bemerkenswerten Beschreibung von Dr.-Ing. Barck, München, in Heft 1 dieses Jahrganges fehlen noch einige Angaben über die Vorgeschichte der Kühltürme in Eisenbetonausführung.

Auf dem Elektrizitätswerk Chorzow, Oberschlesien, das den Oberschlesischen Elektrizitätswerken in Gleiwitz gehört, wurde im Jahre 1906 der erste Kühlturm ganz aus Eisenbeton ausgeführt. Auf Anregung meines damaligen Chefs, des Generaldirektors Agthe der OEW, versuchte ich, ein Rückkühlwerk zu konstruieren, an dem kein Stückchen Holz als bleibender Konstruktionsteil verwendet werden sollte. Die Veranlassung dazu war, daß auf dem Elektrizitätswerk Zaborze, auch

den OEW gehörig, in zwei Kühltürmen der ganze Rieseleinbau aus Holz zusammenbrach und ein Turm in Gefahr geriet, umgeweht zu werden, weil die hölzernen Schwellen und Stützen verfault waren. Das Werk stand unmittelbar vor einer Betriebskatastrophe. Die Lösung der Aufgabe, Rückkühlwerke ohne Verwendung von Holz zu bauen, gelang vollständig.

Bei dem Versuchskühler in Chorzow für eine Leistung von 450 m³/h Umlaufwasser wurde nicht nur der Turm aus Eisenbeton hergestellt, sondern auch der Rieseleinbau einschließlich Traggerüst, Zufluß- und Verteilungsrinnen. Der Rieseleinbau wurde mir im Jahre 1906 durch Reichspatent[1]) geschützt.

In rascher Aufeinanderfolge wurden nach genanntem Kühlturm, der den Witterungseinflüssen des ersten Winters trotz aller gegenteiligen Vorhersagen glänzend standgehalten hatte, weitere Rückkühlwerke in der gleichen Herstellungsweise erbaut. Heute stehen auf dem Elektrizitätswerk in Chorzow weit über ein Dutzend Kühltürme aus Eisenbeton, die nach den Entwürfen von Dr.-Ing. Geibel, des bekannten Fachmanns auf dem Gebiete der Wasserrückkühlung, erbaut worden sind.

Auf dem Elektrizitätswerk in Zaborze wurden im Jahre 1907 und 1911 zwei große Gradierwerke für Wasserrückkühlung errichtet, sie haben eine Gesamtlänge von je 85 m und eine Leistung von je 1500 m³/h Wasser. Auch bei diesen Bauwerken wurde nur Eisenbeton verwendet. Des weiteren wurde im Jahre 1911 auf der Hohenzollerngrube bei Beuthen ein Turmkühler ganz aus Eisenbeton erbaut und mit meinem Rieseleinbau ausgestattet. Sogar in Barcelona in Spanien errichtete das dortige Elektrizitätswerk einen Kühlturm meiner Bauweise, und zwar, dies möge als Sonderbarkeit erwähnt werden, auf dem Dach eines Gebäudeteils der Zentrale, um möglichst viel Frischluft an das Kühlwerk heranzubringen. Diese Kühler wurden mit Ausnahme des auf der Hohenzollerngrube und in Barcelona durch die Hoch- und Tiefbau-Aktien-Gesellschaft in Breslau (vormals Lolat) gebaut.

Alle diese Kühlwerke sind, soweit mir bekannt geworden ist, noch bis heute ununterbrochen im Betrieb und haben sich, wie mir von berufener Seite mitgeteilt wurde, in jeder Beziehung bewährt. Bemerkenswert dürfte es auch sein, daß sogar die von Dr.-Ing. Barck erwähnten „neuartigen, patentgeschützten Eisenbetonbretter" der Firma Wayß & Freytag schon bei den Gradierwerkbauten in Zaborze im Jahre 1907 Anwendung fanden und noch heute davon zeugen, wie haltbar der Baustoff Eisenbeton selbst bei offenen Kühlwerkbauten ist, die noch mehr als geschlossene Temperatur- und Witterungseinflüssen ausgesetzt sind.

Die Rieselkörper, ob Latten oder Bretter, die Form war gleichgültig, wurden in Massen entweder auf der Baustelle selbst oder auch in der Fabrik hergestellt; sie wurden, damit sie leicht auswechselbar sein sollten, nur lose auf dem Traggerüst im Kühlturm gelagert. Die Dicke des Betonquerschnittes und der Eisenbewehrung richtete sich selbstverständlich nach der Stützweite, die die Riesellatten haben sollten. Rieseleinbauten aus Eisenbeton haben außer ihrer Haltbarkeit den Vorzug, daß sie eine dauernd gute Wasserverteilung und damit Kühlwirkung der Anlage gewährleisten. Betriebsicherheit, Fortfall von größeren Ausbesserungen, gute Luftleere und damit Kohlenersparnis gleichen etwa größere Anlagekosten mehr wie aus.

Für die Herstellung der Kühlturmschlote hat Dr.-Ing. Barck die Steinbauweise gewählt, um dadurch die Schalung zu sparen und die Baukosten herabzudrücken. Bei den bisher ausgeführten Kühlern wurde Gußbeton verwendet. Dadurch erhielt das Bauwerk die Eigenschaften eines Monolithen, es war äußerst standfest und bot, weil es keine Fugen hatte, dem Wasser und den Dämpfen keine Möglichkeit, durch die glatte Oberfläche in das Innere der Konstruktion einzudringen und deren Zerstörung durch Rostbildung an der Eisenbewehrung oder Frostwirkung am Beton herbeizuführen. Es wird von Interesse sein, zu beobachten, wie sich die neue Bauweise mit Betonformsteinen hinsichtlich ihrer Haltbarkeit bei den Kühltürmen bewähren wird.

Ingenieur Karl Schumacher.

[1]) DRP Nr. 191 019.

Entgegnung. In der vorstehenden Zuschrift macht Herr Ing. Schumacher einige Angaben über ganz in Eisenbeton konstruierte Kühltürme, die schon im Jahre 1906 von der Lolat hergestellt wurden. In meinem Aufsatz blieben diese Kühltürme unerwähnt, da es sich bei ihnen um ganz normale, zwischen Schalung gegossene Konstruktionen handelt. Auch die Firma Wayß & Freytag, die den von mir beschriebenen, nach einem neuen Verfahren gebauten Kühlturm ausführte, hat schon längere Zeit vor dem Krieg, ebenfalls in den Jahren 1906 und 1907, eine größere Zahl solcher Kühltürme aus Eisenbeton zur Ausführung gebracht, die sich alle gut bewährt haben und über die in dem Werk „Der Eisenbetonbau" von Prof. Dr.-Ing. Mörsch, 4. Aufl. (1902) S. 652 u. f. Näheres zu finden ist.

Alle diese zwischen Schalung gegossenen Kühltürme aus Eisenbeton stellten jedoch im Vergleich zu der großen Zahl der in der gleichen Zeit in Holz und Eisen gebauten Kühltürme immer nur Einzelerscheinungen dar, was in erster Linie auf die durch die verhältnismäßig teure Wandschalung verursachten größeren Kosten zurückzuführen ist.

Die von mir beschriebene neue Bauweise des Turmes aus Betonformsteinen, die übrigens durch die sie verbindende, in den Hohlräumen liegende Bewehrung zu einem monolithischen Ganzen werden, stellt durch den Wegfall der teuren Wandschalung und Rüstung einen wesentlichen Fortschritt gegenüber der bisherigen normalen Eisenbetonausführung in wirtschaftlicher Hinsicht dar und ist dadurch in der Lage, die Konkurrenzfähigkeit des Eisenbetons gegenüber andern Baustoffen auch für den Kühlturmbau zu stärken.

Bemerken möchte ich noch bei dieser Gelegenheit, daß bei der Ausführung des von mir besprochenen Kühlturms sich die angewandten Innenanstrich- bzw. Dichtungsmittel nicht bewährt haben. Es sind neue Versuche, den Turm zu dichten, unternommen worden, die jedoch wegen der Kürze der Zeit und wegen der winterlichen schlechten Beaufschlagung des Kühlers noch nicht beurteilt werden können.

Was die im Schlußabsatz meiner Veröffentlichung gebrachte Andeutung über die patentgeschützten Betonbretter anlangt, so will ich an dieser Stelle vorerst noch nicht ausführlich Stellung dazu nehmen, da die Versuche hierüber noch nicht endgültig abgeschlossen sind.

Die bisher bekannten Rieslereinbauten aus Eisenbetonbrettern sind bis jetzt nur wenig in die Praxis eingedrungen. Bei den von mir erwähnten neuartigen Brettern handelt es sich jedenfalls um eine völlige Neukonstruktion sowohl hinsichtlich der Art der Bewehrung als auch hinsichtlich der Ausführung.

Die Bretter haben bei nur 1 bis 1½ cm Gesamtdicke beiderseits eine ganz fein verteilte Bewehrung aus schwachen, nur 0,3 mm dicken Stahldrähten, die je nach den an die Platte gestellten Anforderungen in Abständen von 2 bis 5 mm in der Biegungsrichtung und von 10 bis 20 mm in der Querrichtung je 2 mm von der Plattenoberfläche gespannt sind, wodurch einerseits eine große Elastizität und Festigkeit, anderseits auch die für die Anwendung bei Kühltürmen unerläßliche Unempfindlichkeit gegen große, plötzlich auftretende Temperaturunterschiede erreicht ist. [D 608]

Dr. Barck.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. A. Heller, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

V·D·I

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

Nr. 1 **Berlin, 3. Januar 1925** **Bd. 69**

Aus dem Inhalt ✦ Vergasung von Rohbraunkohlen / Statische und dynamische ✦ **Seite 1 bis 28**
Prüfung von Stahl / Der Magnus-Effekt / Umwandlung von Kohle in Öl / Kühltürme / Chronik 1924 / Wiederherstellung der Erdbebenschäden in Yokohama / Entwicklung der Stickstoffindustrie außerhalb Deutschlands.
(Vollständiges Inhaltverzeichnis am Schluß des Textteiles.)

Anzeigenpreise und Bezugsbedingungen auf Anzeigenseite 104

EINE MASCHINE

welche die Vorzüge der **REVOLVERBANK** *mit der Genauigkeit der* **DREHBANK** *vereinigt.*

VERBESSERTER VORSCHUBRÄDERKASTEN
D.R.P. 365399

Ungeteilte durchgehende Leitspindel, vom Räderkasten abschaltbar.

Zoll-Millimeter- und Modulgewinde ohne Wechselräder.

Durch Hebelschaltung im Betriebe zu schalten.

Kleinste Zahnräderzahl, Kugellagerung der Hauptwellen, schnellaufende Wellen.

SCHWENKSTAHLHALTER. ANSCHLAG MIT FEINEINSTELLUNG • SELBSTAUSLÖSENDE FALLSCHNECKE.
D.R.P. 316181, 348508, 350765.

4-5 einfache Supportwerkzeuge in jeder Lage einstellbar.

Schneller Werkzeugwechsel, übersichtliche Werkzeuganordnung.

Auslösen des Selbstganges mit 1/100 mm Genauigkeit nach beiden Richtungen. Kein Handauslösen und Nacharbeiten.

Anschlag drehen mit Parallelendmaßen.

Schwenkbarer Stahlhalter mit 4 Stichelhäusern

Anschlag mit Feineinstellung

Antrieb von der Zugspindel

Selbstauslösende Fallschnecke (punktiert)

WESENTLICHE ERSPARNISSE

30% billiger — 19% billiger als auf der gewöhnlichen Drehbank ◆ 24% billiger als auf der Revolverbank

LUDW. LOEWE & CO • A • G

BERLIN • NW • 87

SCHULPIG 24

Elektrische Ladewinden an Bord von Schiffen.

Mitteilung der AEG.

Überall, wo zum Laden und Löschen des Ladegutes kein Hafenkran zur Verfügung steht oder Ladung an längsseits liegenden Prähmen übernommen werden muß, bedient man sich an Bord der Schiffe der Ladewinden. Meistens arbeiten zwei Winden auf die gleiche Last, d. h. die Trommelseile beider Winden führen über die Leitblöcke zweier feststehender Ladebäume und greifen an der Last an. Durch wechselseitige Bedienung beider Winden wird die Last von außenbord in den Laderaum oder umgekehrt gefördert. Die Ladewinden entsprechen im allgemeinen den Kranhubwerken an Land, jedoch geben die Anforderungen des Ladegeschäftes, die Bordverhältnisse und vor allem die Qualität der Steuerleute ganz andere Konstruktionsbedingungen, als sie für Landanlagen üblich sind.

Bild 1. AEG-Ladewinde auf MS „Osiris"

Bild 1 zeigt eine 5-tons-Ladewinde mit einer Hubgeschwindigkeit von 0,3 m/s an Bord des von der Deutschen Werft, Hamburg, erbauten Motorschiffes „Osiris". Ein gegen Seewasser vollkommen geschlossener 220 V-Kompoundmotor von 25 PS Halbstundenleistung bei 350 Uml./min treibt mittels zweier Rädervorgelege — mit geschnittenen Zähnen — die Seiltrommel, bzw. die auf gleicher Welle sitzenden Spillköpfe. Die Motorwelle trägt eine Manövrierbremse, die vom Einschalthebel des auf der Trommelseite angeordneten Führerkontrollers mitbetätigt wird. Dadurch wird der infolge schlechter Witterungs- und sonstiger übler Bordverhältnisse vielfach zu Betriebsstörungen Anlaß gebende Bremsmagnet überflüssig. Eine zweite fußbetätigte Bremse ist fest mit der Trommel verbunden. Das erste Vorgelege läuft in vollkommen dichtem Kasten in Öl.

Bis zum Ausbruch des Krieges hatten die Schiffsladewinden mit wenigen Ausnahmen Dampfantrieb. Die üblen Begleiterscheinungen dieses Betriebes, das Anwärmen oder gar mühsame Auftauen eingefrorener Teile, das jeder Inbetriebnahme voraufgehen mußte, die durch die unvermeidlichen Leckagen verursachte Unsauberkeit an Deck, der unwirtschaftliche Betrieb der ganzen Anlage und schließlich das unbefriedigende Ladetempo hatten zur Folge, daß die Ladewinden mit die ersten Hilfsmaschinen an Bord waren, bei denen der Dampfbetrieb durch elektrischen Antrieb ersetzt wurde. Dabei wurden die bedienungstechnischen Vorzüge der Dampfwinden auch von der elektrischen Winde verlangt. Darüber hinaus wurden jedoch in bezug auf Ladegeschwindigkeit und Wirtschaftlichkeit Forderungen aufgestellt, die weit über die Leistungsfähigkeit sowohl der Dampfwinden als auch der Hubwerke bei Landanlagen hinausgingen.

Die Hauptforderungen, die an die elektrisch betriebenen Ladewinden gestellt werden, sind:

1. größtmögliche stündliche Hakenleistung bei gegebener Motor- bzw. Zentralenleistung;
2. den Bordverhältnissen angepaßte Konstruktion des elektrischen und mechanischen Teiles;
3. Unempfindlichkeit gegen Bedienungsfehler.

Eine hohe stündliche Hakenleistung kürzt die Liegezeit der Schiffe ab, verringert Mannschafts- und Liegegelder und verbessert damit die Nutzbarkeit des Schiffes. Sie wird ideell dann erreicht, wenn der Motor bei jedem Hube voll ausgenutzt ist, gleichgültig, welche Last am Haken hängt. Soll der Nutzeffekt nicht stark darunter leiden, so muß das Schätzen der Lastgröße und damit die Einstellung der zugehörigen Hubgeschwindigkeit der Beurteilung des Windenmannes entzogen werden. Dies um so mehr, als diese Leute vielfach in fremden Häfen angeheuert werden und auf niedriger Kulturstufe stehen. Die dem Bedienungsmanne fehlende Intelligenz wird hier von der Maschine gefordert.

Die AEG hat mehrere Patente, die die gestellte Aufgabe in den möglichen Grenzen löst. Dem überaus angestrengten und rauhen Betriebe entsprechend werden für die Ladewinden auf deutschen Schiffen fast ausschließlich Schützensteuerungen verwendet. Der Bedienungsmann stellt den Handhebel auf Fahrt; das Abschalten der Anlaßwiderstände sowie das Einstellen der Hub- und Senkgeschwindigkeiten erfolgt alsdann vollkommen selbsttätig. Die Hub- und Senkgeschwindigkeit wird durch Schwächung des Haupt- oder Nebenschlußfeldes in Abhängigkeit von der Last, bzw. vom Strom mit Hilfe von „Stromwächtern" geregelt. Für langsames Heben und Senken ist auf der Hub- und Senkseite eine Vorstufe vorhanden.

Bild 2 zeigt ein Geschwindigkeitsdiagramm bei Heben und Senken von Lasten vom leeren Haken bis zur Vollast von 5 tons. Zum Vergleich ist das Diagramm eines normalen Kranhubwerkes mit gleichem Wirkungsgrade wie die Ladewinden in SK-Schaltung bei gleicher Motorgröße wiedergegeben. Es ist klar, daß der Motor bei Ladewindenbetrieb wegen der höheren prozentualen Einschaltdauer reichlicher ausgelegt werden muß, als bei dem normalen Kranhubwerk. Die Schaltung ist so gewählt, daß bei durchziehenden Lasten Strom ins Netz zurückgeliefert wird. Die Forderung zu Ziffer 1 schließt auch die Wahl eines Getriebes mit günstigem Wirkungsgrade ein. Aus diesem Grunde sind auf deutschen Frachtschiffen allgemein Winden mit Rädergetrieben üblich, im Gegensatz zu den englischen Konstruktionen, die meist Schneckengetriebe verwenden. Infolge des schlechteren Wirkungsgrades des Schneckengetriebes sind größere Motoren und damit auch eine größere Stromquelle notwendig. Jedenfalls überrascht die Wahl der Schneckenvorgelege gerade bei diesen Bordanlagen, bei denen der Wirkungsgrad auch mehrgängiger Schnekken infolge der wenig guten Wartung, infolge Verharzens des Öles bei dem manchmal wochenlangen Stillstand, Eindringen von Seewasser u. dergl. unübersehbar verschlechtert werden kann. Der geräuschlose Gang rechtfertigt jedenfalls den Einbau von Schneckengetrieben bei Ladewinden für Frachtschiffe keinesfalls.

——— Ladewinden
—·—·— normales Kranhubwerk

Bild 2. Geschwindigkeitsdiagramm

Es sei hier noch kurz auf eine Sonderkonstruktion von AEG-Schiffsladewinden hingewiesen, bei denen der Antrieb durch einen dauernd in gleicher Richtung umlaufenden Motor erfolgt, und die Reversierung und Geschwindigkeitseinstellung in den Grenzen 1 bis 5 durch ein mittels eines einzigen Hebels gesteuertes Wechsel- und Übersetzungsgetriebe.

Die AEG hat für etwa 50 Motorschiffe annähernd 500 Ladewinden geliefert bzw. im Bau. Ihre Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit ist im jahrelangen angestrengten Bordbetriebe erwiesen.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

KREUSER-
DAMPF-HÄMMER
D. R. P.
mit Selbststeuerung oder Handventilsteuerung in ein- u. zweiständriger Ausführung für Beck- u. Gesenkarbeiten.
Adolf Kreuser G. m. b. H. Hamm (Westf.)
Werkstattausführung: Wagner & Co., Werkzeugmaschinenfabrik m. b. H., Dortmund.

DAMPFKESSEL-DEFEKTE
auch die schwierigsten beseitigen durch langjährig bewährtes Schweißverfahren mittels Elektrizin unter Garantie
Allgemeine Elektro-Schweißerei Akt. Ges.
Düsseldorf, Tel. 9362, 9363 :: Frankfurt/M., Tel. Hansa 3943 :: Halle/S. Tel. 4021 :: Hannover, Tel. West 2649
Empfehlungen erst. Firmen und von Dampfkessel-Überwachungs-Behörd.

SICHERHEITS-
DAMPFKESSEL-SCHLAMM-ABLASS-VENTILE
System „Bühring" D. R. G. M.
Ventilkegel während des Betriebes nachschleifbar.
Aus Vorrat lieferbar.
Bühring A.-G., Landsberg Bez. Halle
Maschinenfabrik / Kesselschmiede Apparatebau

DAMPFMESSER
Wassermesser, Preßluftmesser, Gasmesser
mit und ohne autom. Druckberichtig. mit und ohne Schreib- u. Zählwerk:
Gehre-Dampfmesser-Gesellschaft
Inh.: Dr. Martin Böhme, Berlin W30

CLAASSEN
DAMPFMESSER
Dampfzähler, Ventile m. kombiniertem Dampfmesser, automatische Druckberücksichtigungen ohne Gelenke, nur eig. Patente. Über 1000 St. geliefert.
In Niederdruck-Dampfmessern größter Umsatz Deutschlands.
Ernst Claassen & Co.
Berlin-Groß-Lichterfelde-Ost.

DAMPFMESSER
Gasmesser, Luftmesser, Speisewassermesser
anzeigend, registrierend, zählend.
Siemens&HalskeA.-G. Wernerwerk
Siemensstadt bei Berlin.

STABE-
DAMPFMESSER
Preßluft- und Wassermesser
anzeigend und registrierend, mit automatisch. Druckberücksichtigung Stabe-Dampfmesser D. R. P. 365 328
in Hunderten von Ausführungen geliefert für Dampfmaschinen, Dampfhämmer, Walzenzugmaschinen, Fördermaschinen u. dergl.
Man verlange Referenzenliste R 24
Feodor Stabe Apparatebauanstalt
Berlin SO 26

DAMPFTROCKNER
„ORCA" / D. R. P.
Dampfreiniger
Entwässerer
erzeugt völlig reinen schlammfreien trockenen Dampf
Kohlenersparnis bis 15 %
Bühring A.-G., Landsberg Bez. Halle
Maschinenfabrik . Kesselschmiede
Apparatebau

DIAMANTWERKZEUGE DIAMANTEN
seit 1847
Ernst Winter & Sohn, Hamburg SW 19

DICHTUNGS-MATERIAL
MANGANESIT
SICHERSTE, BEQUEMSTE, BILLIGSTE, WIDERSTANDSFÄHIGSTE DICHTUNG
FÜR DAMPF, WASSER, GAS ETC.
Seit 30 Jahren bestens bewährt
In jedem techn. Geschäft zu haben
Manganesitwerke G. m. b. H.
Hamburg 36

DRAHTSEILE
für jeden Industriezweig liefern
Drahtseilwerke Hermann Kleinholz G. m. b. H.
Oberhausen (Rhld.)
HK 1824—1924

EISENBETON-INDUSTRIE-BAUTEN
Peretti & Funck, A.-G.,
vorm. Adolf Francke, gegr. 1887
Magdeburg, Lübecker Straße 33

EISERNE SCHRÄNKE
Kaweblock-Eisenbau G. m. b. H.
Berlin W 35, Am Karlsbad 16

EISENFÄSSER
Wilhelm Harms, Hamburg 11

ELEKTRISCHE
Handbohr-, Tischbohr-, Schleifmaschinen, Tisch-, Wand-, Deckenventilatoren
Maschinenfabrik Otto Püschel
Berlin-Lichterfelde-West

ELEKTROMOTOREN
Gleichstrom, Wechselstrom, Drehstrom bis 125 PS sowie Sonderausführungen
Maschinenfabrik und Eisengießerei
Wilhelm Ziegler
Frankfurt a. M.-Rödelheim
Drahtanschr.: Niddawerk Frankfurtmain. Anruf: F. a/M. Amt Maingau 2510—2511

ENTLÜFTER
Glasdächer System Braband
August Braband, Hamburg 33
Bramfelder Straße 10 a

ENTÖLER
Franz Seiffert & Co., A.-G.
Berlin C 19 Eberswalde

HIRZEL-
EXHAUSTOREN
Ventilatoren u. Gebläse bis 2000 mm W.-S. Entstaubung, Trocknung, Späne- u. Massen-Transport, Luftheizapparate.
Heinrich Hirzel G. m. b. H., Leipzig-Pl.

EXHAUSTOREN
VENTILATOREN
HOCH-DRUCKGEBLÄSE
ABSAUGUNGS-ANLAGEN
Paul Pollrich & Co., G. m. b. H.
Düsseldorf

Teufel-
EXHAUSTOREN
Teufel-Ventilatoren
Teufels lufttechnische Anlagen
Albert Teufel, Maschinenfabrik
Backnang (Wttbg.) bei Stuttgart

FEDER-BANDSTÄHLE
und Federstahldrähte für alle Verwendungszwecke
Erich Loewe, G.m.b.H., Berlin C 19

FERNTHERMOMETER
für Temperaturen von —200 bis +700° mit und ohne Registrierung
W. C. Heraeus, G. m. b. H., Hanau

FETT
Amerikanisches Kent-Fett für alle Maschinen, Autos usw.
Schmelzpunkt 180° C
98 vH Fettgehalt
Generalvertretung für Deutschland
Arno Kehrberg, Berlin W 62
Kleiststraße 40 Tel.: Kurfürst 996

FEUERUNGS-EINRICHTUNGEN
Aktien-Gesellschaft f. Feuerungstechnik
Berlin W 8
Behrenstraße 58
Fernsprecher: Zentr. 1663, 1664 u. 1665
Wärmetechnische und betriebswirtschaftl. Einrichtungen für Dampfkesselbetriebe
Sonderheit: Feuerungseinbau „Drallstein" D.R.P. a. für Flammrohrkessel

FILZE
für technische Zwecke
Dichtungs-, Unterlage-, Lichtpaus-, Fensterrahmen-, Nute-Filze, Filzformstücke, Filztuche, Schleif- und Polierfilz-Scheiben, -Tafeln, -Streifen, -Ringe
Filzfabrik Akt.-Ges., Fulda

FLANSCHEN
Franz Seiffert & Co., A.-G.
Berlin C 19 Eberswalde

FLANSCHEN-ISOLIERKAPPEN
Dauer-Isolierkappe
D. R. G. M. „GEHOLIT" D. R. W. Z.
für Flanschen, Ventile, Formstücke
Unerreichtes Fabrikat
Gebrüder Horne, Höchst a. M.

GASSAUGER
(Kreiskolben)
bis 6 m Wassersäule
Carl Enke G. m. b. H., Schkeuditz bei Leipzig 74

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Dipl.-Ing.

38 J., verh., **Konstruktions- und Betriebspraxis** in führender Firma der deutschen chem. Großindustrie, zuletzt **Betriebsleiter** namhafter Gummiwarenfabrik, Ia Zeugnisse, sucht neuen, selbständigen und verantwortungsreichen Wirkungskreis. Angebote erbeten unter **M. 1528** an den Verlag dieser Zeitschrift. (12765)

Junger

Maschinen-Ingenieur

Absolv. d. Ing.-Schule Zwickau, 24½ Jahr alt, 5 Jahre Werkst.-Pr., ledig, Landwirts-Sohn, sucht Stellung als **Konstrukteur, Betriebsassistent oder** auch als **Schlosser** event. **auch Ausland** in Flugzeug-, Auto- od. Landmaschinen-Fabrik. Angebote unt. **M. 1594** an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten. (c. 1500)

Verbrennungsmotoren

ZWEI OBERINGENIEURE

Konstrukteur u. Betriebsfachmann, mit reichen Erfahrungen in rationell-fabrikations- u. fachtechnischer Beziehung in Konstruktion u. Herstellung, sowie vertraut mit neuester Betriebsorganisation, suchen, da gemeinsam einschneidende Versuche auf diesem Gebiet durchgeführt, Stellung in einem Unternehmen der Motoren- oder Autoindustrie. Firmen, die sich ausbauen oder umstellen wollen, bieten sich geeignete Kräfte. Angebote unter **L. 1593** an den Verlag dieser Zeitschrift. (c. 1501)

VDI STELLENANGEBOTE VDI

Von mitteldeutscher Hohlglasfabrik unweit Dresdens wird ein

Maschinen-Ingenieur

(möglichst dipl. Ing.) als Beamter zum sofortigen Antritt gesucht.

Ledige Bewerber mit möglichst guten konstruktiven Fähigkeiten, die auch pyrotechnische Kenntnisse aufweisen können, werden bevorzugt. Kenntnisse in der Chemie der Silikate erwünscht, aber nicht Bedingung. (0146)

Nur bestempfohlene Herren wollen ihre Bewerbung unter **J. 1635** an den Verlag dieser Zeitschrift einreichen.

Allererste energische technische Kraft

vor allem praktisch durchaus erfahren in der

Metallw.- Massenfabrikation

von großer A.-G. Mitteldeutschlands zur persönlichen Unterstützung des Vorstandes gesucht.

Bewerber, die auch über reiche Erfahrungen im Werkzeugbau und Einführung moderner Arbeitsmethoden verfügen, bevorzugt. (0131)

Aussichtsreiche, dauernde Vertrauensstellung. Antritt nach Übereinkunft. Offerten unter **N. 1595** an den Verlag dieser Zeitschrift.

Erstklassiger

Konstrukteur

für allgemeinen Maschinenbau, sowie **Zerkleinerungsmaschinen**, und Schleudermühlenbau **von bedeutender Maschinenfabrik Süddeutschlands**

in aussichtsreiche Stellung gesucht

Ausführliche Angebote mit Lebenslauf, Lichtbild, Gehaltsanspr. usw. befördert unter **S. 1600** der Verlag dieser Zeitschrift. (0110)

Erfahrener

INGENIEUR

aus der Stoffdruckbranche als Konstrukteur gesucht per sofort oder kurzmöglichstem Termin nach Norddeutschland. (0102)

Offerten unt. **O. 1618** an den Verlag d. Ztschr.

Diplom-Ingenieur

mit mehrjährigen Erfahrungen im Entwurf und Ausführung von Aufzügen für den Überwachungsdienst zum baldigen Antritt gesucht. Besoldung nach staatlichen Grundsätzen. (0141)

Dampfkessel-Überwachungs-Verein „Berlin“
Berlin NW 23, Lessingstr. 34.

Energischer

Betriebs-Ingenieur

mit guter technischer Vorbildung, längerer Werkstattpraxis und Erfahrung im

Kontroller- und Apparatebau

von großem Berliner Werk gesucht.

Bewerbungen mit Zeugnisabschriften erbeten unter **Q. 1611** an den Verlag dieser Zeitschrift. (0108)

Für die

literarische Abteilung

einer großen westdeutschen Maschinenfabrik wird ein

akademisch gebildeter Ingenieur

gesucht, der neben Schriftgewandtheit über gute Kenntnisse auf dem Gebiete des Eisenbahnwesens (Lokomotiven, Waggons usw.) verfügt. Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Empfehlungen, Lichtbild und Eintrittsbedingungen erbeten unter **Q. 1633** an den Verlag dieser Zeitschrift. (0145)

Große westdeutsche Waggonfabrik sucht zum baldigen Eintritt mehrere

BETRIEBS-INGENIEURE

Besonders in Frage kommen Herren mit Spezialerfahrung auf folgenden Gebieten: Schmiede und Presserei, Montage, Holzbearbeitung, Zeitstudienwesen, Vorrichtungsbau, Transportwesen. Nur erste Kräfte können Berücksichtigung finden. Meldungen von Anfängern zwecklos.

Angebote mit Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen unter **V. 1602** an den Verlag dieser Zeitschrift. (0121)

Spezialist

für Entstaubungs-, Ventilations-, Befeuchtungs-, Heizungs- und Trockenanlagen gesucht zum sofortigen oder auch späteren Eintritt. Bedingung: mindestens 10jährige Fachpraxis, sicher in Konstruktion, Projektierung und Ausführung, repräsentabel, ideenreich und Abschlußgewandtheit. Solider, erstklassigster Kraft kann bei Bewährung Oberleitung des technischen Büros und Prokura gegeben werden.

Offerte mit Bild, Lebenslauf, Bildungsgang, Gehaltsansprüche erbeten unter **L. 1615** an den Verlag dieser Zeitschrift. (0105)

I. Konstrukteur

für Maschinen- und Eisenbau, Erfahrungen im Baggerbau erwünscht, Eintritt sofort od. später.

Ausführliche Angebote mit Ia Referenzen unter **B. 1628** an den Verlag d. Ztschr. (0140)

Bedeutende Maschinenfabrik des Rheinlandes sucht für ihre ausgedehnten Graugießereien

Gießerei-Leiter

mit langjährigen Erfahrungen in Maschinen- und Formguß.

Eingehende Kenntnis der Gattierungsfragen, des Akkordwesens und der Kostenerfassung, sowie Dispositionstalent sind Bedingung. Es wollen sich nur Herren melden, die über reichliche Erfahrung verfügen.

Werkswohnung kann eventuell gestellt werden. Angebote mit ausführlichen Angaben über bisherige Tätigkeit, unter Angabe von Referenzen, der Gehaltsansprüche und des frühesten Eintrittstermins erbeten unter **N. 1617** an den Verlag dieser Zeitschrift. (0103)

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Zur Leitung unserer Werkstätten u. Bahnhofsschlossereien suchen wir einen akademisch gebildeten, energischen

Oberingenieur

im Alter von nicht über 45 Jahren, der Erfahrungen im Waggonbau und allen an Straßenbahnwagen vorkommenden Unterhaltungsarbeiten besitzt, zum möglichst baldigen Antritt. Die Anstellung erfolgt auf Privatdienstvertrag, die Besoldung in Anlehnung an die staatliche B.O. nach Gruppe XI. Frühere Dienstzeit kann angerechnet werden. Bewerbungen an (0149a)

Große Leipziger Straßenbahn,
Leipzig, Zeitzer Str. 12.

Konstrukteur erst. Ranges

für Zweckbeleuchtungskörper sucht erstes Berliner Unternehmen der Großlichttechnik. Nur Herren mit langjähriger Erfahrung wollen sich melden unter Beifügung von Zeugnisabschriften, Lichtbild und Gehaltsansprüchen. Angebote unter **M. 1616** an den Verlag dieser Zeitschrift. (0104)

Bedeutende Maschinenfabrik Mitteldeutschlands sucht zu baldigem Eintritt einen erstklassigen, akadem. gebildeten

Patent-Ingenieur

mit längerer Praxis in Patentbüros großer Werke, der befähigt ist, schwierige Patentanmeldungen, Einsprüche usw. selbständig zu bearbeiten und durchzuführen.

Gefällige Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen, Lichtbild und Angabe des frühesten Eintrittstermins erbeten unter Kennwort **L. U. 8234 „Patent-Ingenieur" an Rudolf Mosse, Leipzig.** (0125)

Dringende Bitte an die

Stellen ausschreibenden Firmen!

Die bei uns einlaufenden Klagen der Stellensuchenden, daß ihre Bewerbungsunterlagen gar nicht oder erst nach Monaten zurückgesandt werden, mehren sich ständig. Die Not der stellensuchenden Fachgenossen veranlaßt uns, die ausschreibenden Stellen dringend um Beachtung folgender Punkte zu bitten:

1. Präzisieren Sie
Ihre Anzeige stets genau, so daß sich nur die dafür Infragekommenden bewerben können.

2. Prüfen Sie
das eingehende Bewerbungsmaterial so bald als möglich.

3. Senden Sie
die Unterlagen, wie Zeugnisabschriften, Photographien usw., möglichst sofort an die Nichtberücksichtigten zurück.

4. Halten Sie darauf,
daß die Bewerbungsunterlagen in einem Zustande zurückgelangen, der ihre weitere Verwendung zuläßt. Sie ersparen dadurch den Einsendern die Kosten für Neuanschaffungen.

VDI-Verlag G. m. b. H.
Berlin SW 19, Beuthstr. 7

Erster Konstrukteur

f. Schiffsmaschinenbau, welcher auch Erfahrungen i. Bau v. Radschiffsmaschinen nachweisen kann, f. d. Konstruktionsbüro einer gr. Werft z. bald. Antritt ges. Nur solche Herren, welche an selbständiges Arbeiten gewöhnt sind u. üb. reiche Erfahrungen verfüg., woll. sich unt. Angabe v. Gehaltsanspr., Bildungsgang u. Referenz. meld. unter **S. 1669** an den Verlag dieser Zeitschrift. (0114)

Lokomotiv - Fabrik
sucht für ihr literarisches Büro in Berlin einen

Ingenieur

zur Bearbeitung von Werbedrucksachen, Listen, Veröffentlichungen usw. Verlangt werden flotter Stil, gute Auffassungsgabe, Umsicht und Entschlußkraft; sehr erwünscht sind Beherrschung der englischen, französischen und spanischen Sprache.

Nur Herren, die bereits in größeren Lokomotivwerken in gleicher Eigenschaft erfolgreich tätig waren, werden ersucht, ausführliches, selbstgeschriebenes Angebot mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Empfehlungen und Gehaltsansprüchen unter **A. 1496** an den Verlag dieser Zeitschrift einzusenden. (12687)

Ingenieur

erfahrene, erste Kraft als Konstrukteur von Feldbahn-Fabrik gesucht. Unerläßlich sind durchgreifende Kenntnisse und Erfahrung im Fach, auch für schweren Wagen- und Weichenbau. (0117)

Bewerbungen mit Zeugnissen, Lichtbild, Referenzen und Gehaltsansprüchen an den Verlag dieser Zeitschrift unter **A. 1605.**

Große Maschinenfabrik Mitteldeutschlands sucht für ihre Abteilung

Hebezeuge

Offertingenieure

und

erste

Konstrukteure

für Greiferkrane und Elektrohängebahnen.

Es kommen nur Herren mit reichen Erfahrungen und langjähriger Praxis in Frage, die Wert auf angenehme Lebensstellung legen. Schöne Werkswohnungen für verheiratete Herren können bereitgestellt werden.

Bewerbungen mit ausführlichem, lückenlosem Lebenslauf, Referenzen, Gehaltsansprüchen und Angabe des frühesten Eintritts erbeten unter **F. T. 12065** an **Ala-Haasenstein & Vogler, Frankfurt a. M.** (0152)

REISE-INGENIEUR

Tüchtiger Fachmann für elektr. Licht- u. Anlasser-Anlagen und Zubehör für Kraftfahrzeuge, elektr. Installat., hervorragender Ap[illegible]ur, gegen Fixum Reisespesen und Provision zu baldigem Antritt gesucht. Herren, die in Stettin ihren Wohnsitz haben und bei den einschl. Fachgeschäften gut eingeführt sind, werden bevorzugt. Bewerbungen mit Zeugnisabschriften, Lichtbild und Lebenslauf erbeten unter **C. 1607** an den Verlag dieser Zeitschrift. (0112)

Werbefachmann

Zum Ausbau der Branchenwerbung nach eigenen Ideen, sowie zur Organisation von Werbe-, Literatur-, Diapositiv- und Lehrmittel-Karteien sucht ein großindustrielles mitteldeutsches Werk kaufmännisch-technischen Beamten, mit genauester Kenntnis der internationalen Dezimal-Klassifikation, großen, durch längere Praxis in Werbebüros großer Werke gesammelten Erfahrungen, an peinlich genaues, unbedingt selbständiges Arbeiten gewöhnt.

Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen, Lichtbild und Angabe des frühesten Eintrittstermins erbeten unt. Kennwort **„Werbefachmann"/L. V. 8235 an Rudolf Mosse, Leipzig.** (0124)

Konstrukteur

für Hebezeuge (Kleinhebezeuge) und Automobil-Spezialteile zum sofortigen Eintritt gesucht. Nur Herren, die in der Lage sind, selbständig schöpferisch zu arbeiten und Erfahrungen in der Konstruktion von Hebezeug- und Automobilteilen besitzen, wollen sich mit Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen melden unter **F. 1632** an den Verlag dieser Zeitschrift. (0143)

Für Blechbearbeitungsmaschinen

selbständiger Konstrukteur

mit langjährigen praktischen Erfahrungen gesucht. Angebote mit Zeugnisabschriften, Lebenslauf und Referenzen unter **N. 1639** an den Verlag dieser Zeitschrift. (0147)

Großes rhein.-westf. Hüttenwerk sucht für seinen

Weichenbau

mehrere erfahrene, selbständig und flott arbeitende

Konstrukteure

a) für Straßenbahnweichen
b) für Vignolweichen

Angebote mit Gehaltsanspruch, Zeugnisabschriften, Lebenslauf und Bild unt. **Nr. N. 882 an Ala-Haasenstein & Vogler, Essen.** (0136)

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Hervorragender Wärmefachmann

als Teilhaber für die Bezirksvertretung einer weltbekannten A.-G. für Feuerungsanlagen und alle Zweige der Wärmetechnik zur persönlichen Bearbeitung aller in den Bezirk fallenden Dampfbetriebe sofort gesucht. Große Verdienstmöglichkeit. Es kommen nur Herren in Frage, welche in Stettin ihren Wohnsitz und möglichst gute Beziehungen zu den Industriebetrieben daselbst haben. Bewerbungen mit Zeugnisabschriften, Lichtbild und Lebenslauf erbeten unter D. 1600 an den Verlag dieser Zeitschrift. (0113)

Autobau

Erstklassige, selbständig arbeitende

Konstrukteure

für alle Arten Lastwagen, Lieferwagen und Omnibuskarosserien zum sofortigen Eintritt gesucht.

Da diese Fabrikation in bestehendem großem Fabrikunternehmen neu aufgenommen werden soll, ist tüchtigen Herren Gelegenheit zum Vorwärtskommen geboten.

Wegen Wohnungsmangel werden unverheiratete Bewerber vorgezogen. Ausführliche Bewerbungen unter Angabe der Gehaltsansprüche sind zu richten an den Verlag dieser Zeitschrift unter U. 1601. (0122)

Für die dampftechnische Abteilung unseres Vereins werden mehrere jüngere

Diplom-Ingenieure des Maschinenbaufaches

mit wenigstens zweijähriger Praxis nach dem Diplomexamen zum sofortigen Eintritt gesucht. Den Bewerbungen sind beizufügen Lichtbild, Zeugnisabschriften, Lebenslauf und Empfehlungen.

Ferner ist die Stelle des

Leiters der wirtschaftlich. Abteilung

mit einer auf dem Gebiete der Feuerungs-, Dampf- und Drucklufttechnik erfahrenen, allerersten Kraft neu zu besetzen. Erfahrungen im Bergwerksbetriebe erwünscht. (0151)

Dampfkessel-Überwachungs-Verein der Zechen im Oberbergamtsbezirk Dortmund zu Essen-Ruhr.

Betriebsingenieure

für Drahtspinnerei in der Nähe Berlins gesucht. Bevorzugte Bewerber mit Erfahrungen im Bespinnen **feiner Dynamodrähte.**

Ausführliche Angebote erbeten unter L. 1571 an den Verlag dieser Zeitschrift. (c. 1496)

Für ihre Spezialabteilung

Zentrifugalpumpenbau

sucht große Berliner Maschinenfabrik gewandten, tüchtigen **Angebots-Ingenieur,** welcher sich über eine mehrjährige Tätigkeit auf diesem Gebiet durch Zeugnisse und Referenzen ausweisen kann und dazu befähigt ist, gegebenenfalls auch einige jüngere Herren zu beschäftigen.

Ausführliche Angebote mit Zeugnisabschriften und Angabe des bestimmt möglichen Eintritts erbeten unter **B. N. B. 7462 an Ala-Haasenstein & Vogler, Berlin NW 6.** (0135)

---

3 Gesichtspunkte

die jeder

Stellensuchende

in seinem eigenen Interesse beachten sollte:

1. *Bewerben Sie* sich nur auf solche Angebote hin, denen Ihre Fachkenntnisse entsprechen.
2. *Legen Sie* Ihren Bewerbungen nur die *Abschriften* der *wichtigsten* Unterlagen bei; Originale nur dann, wenn sie gefordert werden.
3. *Geben Sie* bei Zifferanzeigen das genaue Kennwort an. Dadurch vermeiden Sie zeitraubende Rückfragen und unnötige Verzögerungen in der Zustellung an die ausschreibenden Firmen.

Lassen Sie diese Punkte außer Acht, so tragen Sie selbst Schuld, wenn Sie Ihre Bewerbungsunterlagen garnicht oder verspätet zurück erhalten

VDI-VERLAG

Größere Fabrik sucht für ihr Konstruktionsbüro, Abteilung **rotierende Luftpumpen,**

selbständigen Ingenieur

mit längerer Praxis auf diesem Gebiet.

Bewerbungsschreiben mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Referenzen und Gehaltsansprüchen unt. L. 1637 an den Verlag dieser Ztschr. (0149)

Diplom-Ingenieure des Maschinenbaufaches

Mitte bis Ende der Dreißiger, mit mehrjähriger Praxis im Maschinenbetriebe oder auf dem Prüfstand zu möglichst sofortigem Antritt für Reise und Büro gesucht. Die Tätigkeit bezieht sich nicht auf den Verkauf, sondern lediglich auf technisch-wissenschaftliche Betriebsberatung. In der Bewerbung ist besonders anzugeben, inwieweit Kenntnisse der französischen oder der englischen Sprache in Wort und Schrift vorhanden sind. Angebote unter Beifügung eines ganz kurzen, aber lückenlosen Lebenslaufes, wenn möglich auch eines Lichtbildes, sowie Angabe der Gehaltsansprüche und des möglichen Eintrittstermins erbeten unt. P. 1578 an den Verlag d. Ztschr. (12774)

Erste Lokomotivfabrik Berlins

sucht zur Unterstützung des Betriebsleiters der mechanischen Werkstatt einen im Lokomotivbau erfahrenen

Betriebs-Assistenten oder Obermeister.

Es kommen nur Herren mit langjährigen Erfahrungen in der neuzeitlichen Fabrikation, mit gutem Dispositionstalent und gewandtem Auftreten in Frage.

Bewerbungen mit Angaben über Bildungsgang, bisherige praktische Tätigkeit, Gehaltsansprüche und Eintrittsmöglichkeit unter J. 1635 an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten. (0147a)

Gesucht

für größeres Überlandwerk in Sachsen

Ingenieur

Fachrichtung Maschinenbau oder Elektrotechnik. Es werden nur Offerten von Herren erbeten, welche Erfahrung und Erfolge bei Werbung von größeren industriellen Anlagen zum Anschluß und die hierfür erforderlichen Kenntnisse besitzen. Angebote mit Lebenslauf, Angabe des Bildungsganges, der bisherigen Tätigkeit, Gehaltsansprüche, des Antrittstermins und Referenzen unter T. 1600 an den Verlag dieser Zeitschrift. Bevorzugt werden Absolventen der Gewerbeakademie Chemnitz. Familienwohnung ist zurzeit nicht zu erhalten. (0123)

Betriebs-Ingenieur

für die Fabrikation von Dampfturbinen und Kompressoren von erstem Berliner Werk gesucht.

Erwünscht ist, daß Bewerber Erfahrungen im Bau von Turbinen oder Dampfmaschinen nachweisen können.

Angebote mit Zeugnisabschriften, Lebenslauf, Lichtbild sowie Angabe des frühesten Eintrittstermins zu richten unter K. 1636 an den Verlag d. Ztschr. (0150)

Für unsere **Verkaufs-Abteilung** suchen wir zum baldigsten Eintritt einen

Abteilungs-Vorsteher

Diesem Herrn soll der Verkauf unserer Erzeugnisse des allgemeinen Maschinenbaues übertragen werden.

Es wird verlangt, daß der Inhaber dieses Postens sich durch langjährige Tätigkeit auf dem Gebiete des Verkaufs von Maschinen sowie auf dem Gebiete der Propaganda die erforderlichen Kenntnisse angeeignet hat, welche zur erfolgreichen Bekleidung der Stelle notwendig sind. (12665)

Gefl. Angebote erbeten an die **Generaldirektion der Danziger Werft.**

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Dampfkessel-Einmauerungen

Großunternehmen sucht erfahrenen Spezialisten für die selbständige Führung der Abteilung Einmauerungen.

Es kommen nur Herren mit mehrjähriger Praxis in Frage, die in der Lage sind, die eingehenden Aufträge und Anfragen selbständig zu bearbeiten und über gute Erfahrungen im Materialeinkauf verfügen.

Angebote mit kurzem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Aufgabe von Empfehlungen und Angabe des frühesten Eintritts erbeten unter C. 1475 an den Verlag dieser Zeitschrift. (12668)

Von großer Werkzeugfabrik wird für die Betriebsleitung ein

erstklassiger Fachmann

gesucht, der eine langjährige erfolgreiche Tätigkeit in der Herstellung von Schneid- und Meßwerkzeugen für Metallbearbeitung nachweisen kann. Angebote unter B. 1540 an den Verlag dieser Zeitschrift. (12713)

Erfahrener

Konstrukteur

für Transmissionsteile, zuverlässig und mit Normung vertraut, als Vertreter des Bürochefs zum baldigen Eintritt gesucht. Für Verheiratete ist hübsche Wohnung vorhanden.

Angebote mit Lichtbild, Angabe des Ausbildungsganges, der bisherigen Tätigkeit, des frühesten Eintrittstermins, der Gehaltsansprüche, der persönlichen und evtl. Familienverhältnisse an (12770)

A. Friedr. Flender & Co.
Transmissionswerke
Bocholt i/W.

Berliner Großfirma sucht schnellstens selbständige

Vorkalkulatoren

mit mehrjähriger Praxis für elektr. Apparatebau. Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Lichtbild erbeten unter F 1589 an den Verlag dieser Zeitschrift. (12790)

Tüchtiger

Konstrukteur

mit mehrjährigen Erfahrungen im Bau von Turbo-Gebläsen und -Kompressoren zum möglichst baldigen Eintritt von Maschinenfabrik gesucht. (12673)

Ausführliche Bewerbungen erbeten unter R. 1466 an den Verlag d. Ztschr.

Technischer

Direktor

gesucht

für größeres Werk der Präzisionsmechanik.

Anerbietungen mit ausführlichem Lebenslauf unter R. 1598 an den Verlag d. Ztschr. (0128)

Zeugnis-Abschriften billigst.
Prospekt frei. W. STREITZ
Berlin 202, Pasteurstr. 16

Kaufmann-Ingenieur

von Rhein. Maschinenfabrik mittl. Umfanges als Leiter gesucht. Beteiligung bei guter Leistung möglich. Handschriftl. Zuschriften nur charakterv. Herren von Initiative, die entsprech. Erfolge aufweisen können, mit Bild und Referenzen erbeten unter S. 1643 an den Verlag dieser Zeitschrift. (c. 1505)

Erfahrener, älterer

KONSTRUKTEUR

für

RADIALBOHRMASCHINENBAU

von erster Werkzeugmaschinenfabrik gesucht. Es kommen nur Spezialisten mit langjähriger Erfahrung auf diesem Gebiete in Betracht. Offerten mit Lebenslauf und Zeugnisabschriften erbeten unter E. 1587 an den Verlag dieser Zeitschrift. (12789)

EISENHOCHBAU

Wir suchen zum baldigen Eintritt einen erfahrenen, tüchtigen

Konstrukteur und Statiker
für Eisenhochbau.

Gefl. Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Gehaltsanspruch unter Angabe des Eintrittstermins erbeten an (0148a)

Eisenkonstruktionswerk Peter Schäfer
Ludwigshafen a. Rh.

Maschinenfabrik
in München

sucht zur Bearbeitung neuer technischer Aufgaben tüchtigen, jüngeren, unverheirateten

Konstrukteur

Erwünscht sind Erfahrungen im Automobil- bzw. Klein-Dieselmotorenbau. Ausführliche Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Bild und Angabe der Gehaltsansprüche unter J. 1613 an den Verlag dieser Zeitschrift. (0107)

Größere Motorenfabrik
sucht
Versuchsingenieur

mit abgeschlossener Hochschulbildung und guten Prüffeld-Erfahrungen auf dem Gebiete kleiner Verbrennungsmotoren sowie

einige Konstrukteure

Angebote unter N. 3181 an Annoncenmayer, Frankfurt a. M. (0115)

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Dieser Nummer liegen Prospekte folgender Firmen bei: Chemische Fabrik Griesheim Elektron, Frankfurt a. M. — „Demag", Deutsche Maschinenfabrik A.-G. Duisburg — Leder- u. Treibriemen-Fabriken Ernst Luckhaus A.-G. Duisburg — A. W. Mackensen G. m. b. H., Magdeburg — Julius Springer, Berlin.

V D I - Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7. — Verantwortl. für den Anzeigenteil: Peter Valerius, Berlin NW 52
Druck von H. S. Hermann & Co., Berlin SW 19.

V★D★I

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

Bd. 69 **Berlin, 27. Juni 1925** **Nr. 26**

Anzeigenpreise und Bezugsbedingungen auf Anzeigenseite 112

ORIGINAL-

SCHÜTTOFF

D.R.P.

HINTERDREHBÄNKE

HÖCHSTE VOLLKOMMENHEIT IN KONSTRUKTION UND AUSFÜHRUNG

SCHÜTTOFF AKTIENGESELLSCHAFT WERKZEUGMASCHINENFABRIK **CHEMNITZ**

„VAMICO" MAHLANLAGEN

mit Ringmühlen System „REMA" D. R. P. liefern

Staub- Austritt

Dieser Hebel gestattet die Regulierung der Feinheit entsprechend 2 — 30% Rückstand auf dem 4900-Maschensiebe

Der Aufgabeapparat regelt sich selbsttätig entsprechend der Feinheit

Kohlenstaub von jeder gewünschten Feinheit
bei einem Kraftbedarf von 8-10 kW Std./t.

VAMICO-ANLAGEN

haben nur einen Mühlen- u. einen Exhaustor-Motor

Keine Schnecken, Elevatoren, mechan. Windsichter, Elektromagnete, Staubsammler, Transmissionen oder Riemen.

Ohne Trockenanlage

wird mittels trockner Luft oder Abgasen jede Art von Steinkohle, Braunkohle, Koks etc. auch mit großer Feuchtigkeit getrocknet.

Kohlenstaub-Feuerungs-Anlagen

mit Vacuum-Mühlen sind die billigsten.

Wir garantieren bei vollständigen Anlagen eine Mehrleistung von

200 bis 300% gegenüber Rohrmühlen
100 bis 200% „ Schleudermühlen
50 bis 100% „ Fliehkraftmühlen

REMA

Rheinische Maschinenfabrik A.-G., Neuss a. Rh.

Gekapselte Hochspannungs-Schaltanlagen.

Mitteilung der AEG.

In Gruben und anderen industriellen Betrieben, wo starke Staub- oder Gasentwicklung, Feuchtigkeit oder Tropfwasser die Verwendung offener Hochspannungs-Schaltanlagen ausschließen, oder zum mindesten die Bedienung lebensgefährlich machen, werden alle elektrischen Apparate und Instrumente in Schaltkästen eingebaut. Um allen Sicherheitsbedingungen zu entsprechen, insbesondere um einen völlig luftdichten Abschluß der Apparate gegen die Außenluft zu erreichen, ist die Verwendung von gußeisernen Schaltkästen am zweckmäßigsten. Sie müssen so durchgebildet sein, daß die einzelnen Schaltkästen zu Gruppen oder zu geschlossenen Anlagen größeren Umfanges vereinigt werden können.

Bild 1. Schaltkasten ohne Kabelendverschluß und ohne Untergestell.

Bild 2 Herausgehobenes Mittelstück

Diesen vielfachen Bedingungen hat die AEG durch Entwicklung ihres Schaltkastens Form UC Rechnung getragen. Seit einer Reihe von Jahren sind diese Schaltkästen mit bestem Erfolg in den verschiedenartigsten Betrieben eingeführt. Wegen ihrer mannigfachen Vorzüge gelangen sie auch dort zur Verwendung, wo nach Art der Betriebsverhältnisse die Errichtung einer offenen Anlage statthaft gewesen wäre.

Der Schaltkasten Form UC ist entsprechend der Serie II der Richtlinien für Hochspannungsapparate ausgeführt. Er ist daher imstande, bei einer Betriebsspannung von 3000 bzw. 6000 V einen Kurzschlußstrom von 6000 bzw. 2000 A abzuschalten. In seiner einfachsten Ausführung (Bild 1) enthält der Kasten einen dreipoligen Ölschalter mit zwei von außen einstellbaren Überstromauslösern, die an Stromwandler angeschlossen sind, einen Ölstandsanzeiger und eine Deckelverriegelung. Er kann ferner ausgerüstet werden mit einer unabhängigen Zeitauslösung, einer Nullspannungsauslösung einschließlich Spannungswandler, einem Strommesser, einem Spannungsmesser, einer Vorstufe für den Ölschalter und einem Plattenschutz gegen Zündung schlagender Wetter. Sämtliche Kontakte und Wicklungen, auch die niederspannungführenden, befinden sich unter Öl. Durch diese Anordnung wird den oben gekennzeichneten Bedingungen nach Schutz sämtlicher Apparate gegen Einwirkung von Gasen, feuchter und verschmutzter Luft restlos entsprochen. Das Herausheben des Mittelstückes mit der gesamten Schaltarmatur kann nach Abheben des Deckels und nur bei geöffnetem Schalter ohne Schwierigkeiten erfolgen (Bild 2).

Bild 3. Schaltkastenanlage mit Doppelsammelschienensystem.

Je nach dem Verwendungszweck werden die Schaltkästen auf Untergestelle für Einzelaufstellung oder für den Zusammenbau ganzer Schaltanlagen montiert. Die einfachste Form solcher Untergestelle besteht aus Winkeleisenrahmen mit Blechverkleidung. Auf Wunsch können die einzelnen Kästen auch ausfahrbar gemacht werden.

Bild 4. Anlage mit Sammelschienen unter Öl.

In den Untergestellen liegen die Sammelschienen. Auch können, um eine Anlage zu unterteilen, besondere Untergestelle mit nur einem Trennschalter vorgesehen werden. Bei Ausführung einer Anlage mit Doppelsammelschienen-System (Bild 3) werden die erforderlichen Trennschalter und Sammelschienen in einem Eisengerüst untergebracht, vor dem die auf den Blechuntergestellen befestigten Kästen aufgestellt werden.

Bei besonders schwierigen Betrieben, z. B. in Gruben mit Schlagwettergefahr oder bei Verwendung in stark säurehaltiger Luft, werden auch die Untergestelle in Gußeisen-Ausführung vorgesehen. Bei dieser Bauart ist die gesamte Anlage völlig gekapselt; alle Teile einschließlich der Sammelschienen liegen unter Öl (Bild 4).

Bild 5. Ringleitungssystem.

Zusammenbau mehrerer Schaltkästen zu einer Schaltanlage erfolgt durch Stecker, die von oben in je zwei benachbarte Öltröge eingeführt werden. Die Enden der Sammelschienen können durch ein Rückschlußkabel verbunden werden, so daß ein Ringsystem entsteht (Bild 5). Dadurch ist es möglich, einzelne oder mehrere Kästen durch Ziehen zweier Stecker abzutrennen, ohne den Betrieb der übrigen Anlage zu stören. Die Öffnungen für den Stecker in den Ölbehältern werden durch Deckel verschlossen, die beim Herausziehen der Stecker von diesen selbst gesteuert werden. Durch dieses Herausheben der Trennschalter ist der abgeschaltete Kasten eindeutig gekennzeichnet. Diese Konstruktion erfüllt somit restlos die Forderung der Verbandsvorschriften für Anlagen unter Tage nach Sichtbarkeit der Trennstelle.

BEZUGSQUELLEN-NACHW

A ABDAMPF-ENTÖLER
Rückleiter, Vorwärmer
Herweg Aktiengesellschaft für Armaturen- und Apparatebau
Düsseldorf Postfach 100

ABWÄRME-VERWERTUNG
Fritz Knappstein, Essen
Zweiggeschäft Dortmund

ALUMINIUMGUSS
und Metallguß
Dann & Co., Berlin S 59
Planufer 92 b

ANSTRICHSTOFFE
jeder Art: Lacke, Lackfarben, Rostschutzfarben
Chemische Lackfabriken Gustav Ruth, Akt.-Ges.
Wandsbek bei Hamburg

ARBEITER-SCHUTZMITTEL
aller Art
Oskar Haug, Stuttgart V
Reinsburgstr. 160

ARMATUREN
Sonderheiten: Staufferbüchsen, Dochtöler, Federdruckbüchsen, Tropföler usw. Kleinöler für Fahrräder, Automobile usw. Helmöler, Drehöler, Klappöler, Trichterformöler, Stahl- u. Kugelöler
Wilhelm Lahr & Co.
Metallwarenfabrik
Zuffenhausen-Stuttgart

AUFZÜGE
MSN
AUFZUGSWERKE M. SCHMITT & SOHN
GEGR. 1861
STAMMWERK NÜRNBERG
WERK MÜNCHEN UND ESSEN

AUFZÜGE
für die Industrie, jeder Betriebsart und Größe, ferner Akten-, Speise-, Kohlen- und Wäscheaufzüge
ca. 1000 Anlagen ausgeführt
G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. Main
Gegründet 1816

AUFZÜGE
für Lasten aller Art, allgemein bekannt unter dem Namen Demagzüge $1/4$ bis 5 t Tragkraft
Lager an allen größeren Plätzen des In- und Auslandes
Demag- Duisburg

AUFZÜGE
sämtlicher Systeme an 30 000 Anlagen geliefert. Paternosteraufzüge, Bahnhofsaufzüge, Speiseaufzüge
Carl Flohr A.-G., Berlin N 4
Maschinenfabrik
ca. 2000 Arbeiter und Beamte
Gegründet 1852

AUFZÜGE
für alle Verwendungszwecke für Lasten und Personen in jeder Betriebsart u. Steuerung
Winden für Hand- und Kraftbetrieb
Kleindienst & Cie., Augsburg
Maschinenfabrik und Eisengießerei

AUFZÜGE
Elektrische Aufzüge für Personen oder Lasten mit Seil- oder elektrischer Steuerung Paternosteraufzüge für Personen
Maschinenfabrik
Gustav Ad. Koch
Hamburg 39

AUFZÜGE
AUFZÜGE
für Personen und Lasten
Paternosterwerke
Krane
Verladeanlagen
Hängebahnen
Losenhausenwerk
Düsseldorf-Grafenberg
Gegründet 1880

AUFZÜGE
Jederzeit Prüfbereit
Unerreicht an Sicherheit
Maschinenfabrik MÜHLEISSEN
Elberfeld-Sonb.

AUFZÜGE
in Sonderheit Lastenaufzüge mit und ohne Führerbegleitung für Zechen, Fabriken, Lagerhäuser, jeder Betriebsart, Tragkraft und Größe
Windscheid & Wendel
Eisengießerei und Maschinenfabrik
Düsseldorf-O.

AUFZÜGE
Aufzüge
FR. SCHÜLE & CO
AUFZÜGEFABRIK
FELDKIRCHEN B/MÜNCHEN

AUFZÜGE
Industrie-Aufzüge
A. Stotz A.-G., Stuttgart
Postfach 215

AUFZÜGE, KRANE
Industrie-Aufzüge
Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge
Maschinenfabrik Wiesbaden

AUTOWERKZEUGE
F.D. Weltmarke
Paul F. Dick, Esslingen a N.
Stahlwaren- und Werkzeugfabrik.

B BEAGID u. BEAGID-SCHWEISSAPPARATE
Dr. Alexander Wacker
Gesellschaft für elektrochemische Industrie GmbH
Lechbruck (Bayern)

BENZIN-SICHERHEITS-TANKANLAGEN
Benzin-Sicherheits-Tankwagen
Maschinenfabrik Arthur Vondran
Halle a. S., Königstr. 58
Telefon: 1131, 6310

BERGWERKS-MASCHINEN
für Gewinnung und Beförderung
Preßluft resp. elektr. Antrieb
Dt. Bergbaumaschinen G. m. b. H.
Beuthen O.-S.

BIEGSAME WELLEN
Armaturen dazu, Kesselrohrreiniger
Maschinenfabrik Otto Pöschel
Berlin-Lichterfelde-W.
Steglitzer Str. 21 D

BOHRFUTTER
„Deboga"
D. R. P. u. A. P.
nennt sich das beste
Bohrfutter
der Welt, welches
selbstspannend
den vollkommensten Betrieb verbürgt und jährlich
80 Lohnstunden
nur an einer Bohrmaschine einspart. / „Deboga" ist allenthalben im Handel zu haben.
DEUTSCHE BOHRFUTTER-GESELLSCHAFT m. b. H.
AUGSBURG * Bezirk 3

BRUNNENBAU
(Rohrfilterbrunnen)
Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

D BANNING-DAMPFHÄMMER
D. R. P.
mit Sparsteuerung, in modernster Ausführung
Mehrere tausend Ausführungen!
J. Banning A.-G., Hamm (Westf.)

KREUSER-DAMPFHÄMMER
D. R. P.
mit Selbststeuerung oder Handventilsteuerung in ein- u. zweiständriger Ausführung für Reck- und Gesenkarbeiten
Adolf Kreuser G. m. b. H.
Hamm (Westf.)
Werkstattausführg.: Wagner & Co., Werkzeugmaschinenfabrik m. b. H., Dortmund.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHW[illegible]

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

MATERIAL-PRÜFMASCHINEN
und -Apparate
für sämtliche Versuchsarten

Alb. v. Tarnogrocki
Spezialfabrik
für Material-Prüfmaschinen
Essen

METALL- U. WEICH-STOPFBÜCHSEN-PACKUNGEN
Ventilsitz- und Ventilspindel-Dichtungen
Massenfabrikation von Dichtungsringen jeglicher Art u. für alle Zwecke

Wilh. Kempchen sen.
G. m. b. H.
Oberhausen
C9-Rhld.

MODELLE
jeder Art.
Modellplatten
Peter Koch G. m. b H.,
Köln-Nippes

N NIETWÄRMER
elektr. Gefei-Nietwärmer
mit Verdampfungskühlung D. R. P.
GEFEI Gesellschaft
für elektrotechn. Industrie m.b.H.
Berlin SO 36, Maybach-Ufer 48-51

O ÖL-RÜCKGEWINNUNG
97 %
aus Schrauben
Massenteilen,
Spänen,
Putztüchern
mit dem neuen „Spanex"
Prospekt auf Wunsch.

Zahnräder- und Maschinenfabrik G. m. b. H.
Rabenstein bei Chemnitz i. Sa.

ÖL-SCHLEUDER-FILTER „RADIKAL"
in vollendeter Bauart liefert
Ortenbach & Vogel
Maschinenfabriken A.-G.
Bitterfeld

P PRÄZISIONS-REISSZEUGE
Clemens Riefler
Fabrik mathem. Instrumente
Nesselwang u. München

PRESSLUFTMESSER
Dampfmesser, Wassermesser, Gasmesser
mit und ohne Schreib- u. Zählwerk;
mit und ohne autom. Druckberichtig.
Dr. Martin Böhme
Inh. der Gehr-Dampfmesser-Gesellschaft, Berlin W 50

PRESSPUMPEN
hydraulische
Erstklassige Ausführung bis zu den höchsten Leistungen
Hochdruck-Armaturen
hydraul. Steuerungen
80jährige Spezialität

Pumpenfabrik „Urach" Württemberg
Ch. Haas
Urach (Württbg.)

Hydraulische Hochleistungs-
PRESSPUMPEN
in schwerstem Dauerbetrieb seit Jahren bewährt
Rittershaus & Blecher G. m. b. H.
Barmen-U.
Maschinenfabrik u. Eisengießerei

PUMPEN
Seit 20 Jahren bauen wir
Kreiselpumpen
für Hoch-, Mittel- und Niederdruck
sowie für alle Betriebsverhältnisse.
Ortenbach & Vogel
Maschinenfabriken Aktiengesellsch.
Bitterfeld

PUMPEN
SIHI Pumpen sind:
1. selbstansaugende Kreiselpumpen
2. rotierende Luftpumpen, 99,6% Vac.

Siemen & Hinsch
St. Margarethen-Holstein 11

PUMPEN
zur Haus- und Fabrikwasserversorgung, 1 bis 6 cbm Stundenleistung.
Patent-Tiefbrunnen-Pumpen
für 80 m „Saughöhe".
Aufstellung über Flur!
Bis 8 cbm Stundenleistung.

Daniel Speck, Maschinenfabrik
Nürnberg, Hadermühle 2—3.

PUMPEN
Spezial. seit 1904: KREISELPUMPEN
als
Wasserhaltungen
Preßpumpen
Abteufpumpen
Speisepumpen
Heizungspumpen
Schlammpumpen
Oel- und Saftpumpen
autom. Hauswasserpumpen
Weise Söhne, Halle/S.
Berlin / Hamburg / Dortmund
Düsseldorf / Hannover / Breslau
Dresden / Gleiwitz / Frankfurt a. M.

PUMPEN
Kreiselpumpen f. Hoch- u. Niederdruck, Hauswasserversorgungen
mit automatischer Luftzuführung
ZIEGLERWERK
Wilh Ziegler
Maschinenfabrik u. Eisengießerei
Frankfurt a. M.-Rödelheim

R RAUCHGAS-PRÜFER
CO_2 und $(CO + H_2)$-Messer
anzeigend registrierend
Siemens & Halske, Wernerwerk
Berlin-Siemensstadt

RECHENSCHIEBER
Modell Leichtbau, D. R. P.
Paustinktur „Klementine"
Prospekte kostenlos
Piller & Fiebig, Berlin S 42

ROHRLEITUNGEN
Druckkessel, Reservoire

Weißtalerfabrik Weidenau-Sieg
Postfach

REGLER
f. Dampfdruck, Gasdruck, Gasmenge, Verbrennung, Temperatur
ASKANIA
Askaniawerke Aktiengesellschaft
vormals Centralwerkstatt Dessau und Carl Bamberg Friedenau
Bambergwerk
Berlin-Friedenau, Kaiserallee 87-88

ROHRLEITUNGEN
F&Th
für Hochdruck- u. überhitzten Dampf
Abdampfverwertung
Findeisen & Thost
Fabrik für Rohrleitungsbau
Zwickau i. Sa.

GEFEI-ROHRSCHWEISS-MASCHINE
einzige elektrische Rohrschweißmaschine der Welt
GEFEI Gesellschaft
f. elektrotechn. Industrie m. b. H.
Berlin SO 36, Maybach-Ufer 48—51

RÖHREN (BLECHRÖHREN)
Winkelsträter & Sure
Barmen-Wichlinghausen, Rhld.
80jährige Erfahrung

RÜCKKÜHL-ANLAGEN
Peretti & Funck, A.-G.,
vorm. Adolf Francke, gegr. 1887
Magdeburg, Lübecker Straße 33

S SAUGKÖRBE
mit Ventil aus Eisen, Bronze usw
Alb. Doering,
G. m b. H.,
Sinn (Dillkreis)

SCHLAUCHKLEMMEN
und andere Ausführungen liefern
H. Schubart & Co., Cassel 8

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHW

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Bezugsbedingungen (für Nichtmitglieder des VDI)

Die „V. d. I.-Zeitschrift" erscheint wöchentlich. Bezug nur durch den Verlag. Probehefte nur gegen Berechnung.

Inland, Danzig, Memelgebiet:

a) **Bestellung:** Abonnements können jederzeit aufgegeben werden, müssen jedoch mit Quartalswechsel beginnen und im voraus bezahlt werden. Die Zeitschrift wird, falls Abbestellung vier Wochen vor Quartalsschluß nicht erfolgt, immer auf ein Vierteljahr weitergeliefert.
b) **Lieferung:** Zustellung erfolgt durch Postüberweisung. Beschwerden über Unregelmäßigkeiten in der Zustellung sind direkt an das zuständige Postamt zu richten.
c) **Bezugspreis:** Für 1925 ganzjährlich G.M. 40,—, vierteljährlich G.M. 10,—, Einzelheftpreis G.M. 1,75, für Mitglieder G.M. 1,50

Dtsch.-Oesterreich, Luxemburg, Litauen:

a) **Bestellung:** siehe Inland unter a).
b) **Lieferung:** erfolgt durch Kreuzband.
c) **Bezugspreis:** wie Inland unter c) zuzüglich Porto ganzjährlich G.M. 10,60, vierteljährlich G.M. 2,65 (Zahlungen aus Österreich sind auf das Postsparkassenkonto Wien 18 378 des Herrn R. T. Süß, Wien I, Seilerstätte 16, zu überweisen).

Ausland: a) **Bestellung:** Abonnements können jederzeit bestellt werden, müssen jedoch mit Quartalswechsel beginnen und im voraus für die Zeit bis zum Schluß des laufenden Jahrganges bezahlt werden. Die Zeitschrift wird, falls Abbestellung vier Wochen vor Jahresschluß beim Verlag nicht vorliegt, immer auf ein Jahr weitergeliefert.
b) **Lieferung:** Zustellung erfolgt durch Kreuzband.
c) **Bezugspreis:** wie Inland unter c) zuzüglich der Portokosten von G.M. 21,— ganzjährlich.

Erfüllungsort Berlin-Mitte. — 1 Goldmark = 10/42 USA-Dollar. Notwendig werdende Nachforderungen vorbehalten. Zahlung mit genauer Angabe des Verwendungszweckes auf Postscheckkonto Berlin 102 378 erbeten.

Mitglieder des VDI erhalten die VDI-Zeitschrift mit den VDI-Nachrichten kostenlos, wenn der Beitrag von G.M. 36,— (Ausland G.M. 40,—) an die Geschäftstelle des VDI, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a (Postscheckkonto Berlin 6535) entrichtet ist.

Anzeigenpreise:

1/1	1/2	1/4	1/8	1/16	Seite
360,—	190,—	100,—	55,—	30,—	Goldmark

Nachlaß:	bei 6	18	26	52	Aufnahmen innerhalb Jahresfrist
	5	10	20	30	vH

Eintragungen im Bezugsquellen-Nachweis werden mit G.M. 0,60 für die einspaltige Millimeterhöhe berechnet.
Kleine Anzeigen werden mit Mk. 0,30 je mm Höhe der 27 mm breiten Spalte berechnet. Stellengesuche für Mitglieder mit Mk. 0,22, für Nichtmitglieder mit Mk. 0,27 je mm Höhe.
Annahmeschluß für allgemeine Anzeigen Mittwoch in der Woche vor Erscheinen; für kleine Anzeigen Montag früh in der Erscheinungswoche.
Der Verlag behält sich vor, die Aufnahme von Anzeigen und Beilagen ohne Angabe von Gründen abzulehnen und laufende Aufträge einzustellen. Im übrigen gelten die Bedingungen der Arbeitsgemeinschaft technisch-wissenschaftlicher Zeitschriftenverleger **ATZ** der folgende Verleger angehören:
VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin. Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf. Verlag Glückauf m. b. H., Essen.

VDI-VERLAG G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7

VDI STELLENGESUCHE VDI

Leit. Ingenieur
mit langj. Werkstatt-, Betriebs- und Büropraxis, Spezialist für
Zahnradgetriebe
sucht, gestützt auf seine erfolgreiche Tätigkeit in Werbung, Projektierung, Kalkulation, Konstruktion, Verkauf u. Reise, selbst. Stellung zur großz. Durchführung ob. lohn. Spezialität in modern eingerichteter Maschinenfabrik mit schw. Werkzeugmasch. und mit leistungsfäh. Eisengießerei. Lage Mitteldeutschland bezw. rechtsrheinisch.
Angebote erb. unter **P. 467** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03047)

Edelstahl!

Ein in sämtlichen Arten der Verarbeitung von Edelstahl erfahrener Leiter eines bedeutenden Edelstahlwerkes (Dipl.-Ing. mit Ia Zeugnissen und Referenzen, unverh.), sucht sich in entsprechenden Wirkungskreis im In- oder Auslande zu verändern. Reichste Erfahrungen in der wärmetechnischen Stahlbehandlung und sämtlicher Arten der Verfeinerung (Kaltwalzwerk, Härterei, Draht- und Stangenzieherei) bis zu den höchsten Ansprüchen. Große Erfolge in organisatorischer Hinsicht sowie vollständige Beherrschung aller modernen Arbeitsmethoden und Arbeiterfragen, einschl. des Lohn-, Akkord- und Kalkulationswesens. Repräsentable Erscheinung, gewandtes und bestimmtes Auftreten. Angebote unter **S. 491** an den Verlag dieser Zeitschrift. [03006]

Dipl.-Ing., verh., mit Konstruktions- u. Betriebspraxis i. Werkzeugmaschinenbau, genauer Kenntnis d. Vorrichtungsbaues, länger. Tätigk. als Leiter der Vorkalkulationsabteilung (wissensch. Zeitberechng.) einer größ. Masch.-Fabr. mit nachweisl. gut. Erfolgen vertraut m. allen modernen Organisationsfragen, z. Zt. Betriebsleiter einer mittler. italienischen Masch.-Fabr., sucht sich zu verändern in nur leitend. Posten. Refer. auf Wunsch zur Verfüg. Gefl Angeb unt. Berücksicht. der Wohnungsfrage unt. **V. P. 20817 an Rudolf Mosse, Braunschweig.** (03075)

Jung. Ing, 1 J. Werkstatt, 6 Semester Hochschule, 1½ J. Büro, mit praktischer Erfahrung im Betrieb (03031)
technisch. Bühneneinrichtungen
sucht Stellung in Fabrik für
Bühnenbau
eventl. auch auf Montage. Gefl. Angebote unter **G. 459** an den Verlag dieser Zeitschrift.

Werkzeugmaschinen, Ingenieur-Kaufmann

vielseitig erfahrener Fachmann, bewährter, zuverläss. Verkäufer, **14 Jahre im Auslande in exponierten Vertrauensstellungen** für renommierte deutsche Werkzeugmaschinenfabriken mit **nachweisbar sehr gutem Erfolge tätig gewesen,** 8¾ Jahre Verkaufsabteilungsleiter, unverheiratet, **sucht bald dauernde Stellung als**
Verkaufs- oder Filialleiter
auch ähnliches Arbeitsfeld in Deutschland oder Skandinavien. Gute schwedische Sprachkenntnisse.
Zuschriften erbeten unter **B. 418** an den Verlag dieser Zeitschrift. (c. 2055)

Ingenieur

m. langjähr. Praxis i. Apparatebau, Kesselschmiede, Kupferschmiede u. Masch.-Bau, erfahr. Konstrukteur, gewandt in Kalkulat., Korrespond. u. Verkehr m. d. Kundschaft, sucht sofort Stellung im Betrieb, Büro od. Offertwesen. Gefl. Zuschrift. unter **L. 485** an den Verlag d. Zeitschr (c. 2061)

Diplom-Ingenieur—Kaufmann

langjähriger Obering., z. Zt. Vertreter erstklassiger Firmen, vorzügl. Organisator, rout. Ein- u. Verkäufer, mit besten Bezieh. zur Industrie, sucht leitende Position als (03030)

General-Vertreter oder Filialleiter

Ind.-Unternehmungen, leistungsfähiger Maschinenfabrik, Gießerei oder Gesenkschmiede. Fachkenntnisse außer im allg. Maschinenbau auch im Zentrifugalpumpen-, Kompressoren-, Wasserturbinen-, Dampfturbinen-, Dampfkessel-, Hebezeuge- u. Werkzeugmaschinenbau vorhanden. Bezirk Berlin-Brandenburg. Offerten unt. **F. 458** an den Verlag dieser Zeitschr

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Diplom-Ingenieur

30 J. alt, in ungekünd. Stellung, 1½ J. als Konstr., 2½ J. in leit. Betriebsstellung bei erster Firma des allgem. Masch.-Baues, zuverlässig, energisch und gewandt im Umgang mit Angestellten und Arbeitern, sucht sich nach

Süddeutschland

mögl. Nähe Stuttgart zu verändern. Gute Zeugnisse und Empfehlungen.
Angebote erbeten unter T. 514 an den Verlag dieser Zeitschrift. (03093)

Offert-Ingenieur

für allg. Maschinenbau, 5 Jahre Praxis, sucht zum 1. Juli od. 1. August d. J. Stellung. Gefl. Zuschrift. erbeten an (03053) **Hoffmann, Erfurt,** Malchendorfer Str. 3.

Diplom-Ingenieur

37 J., mit Praxis in Dampfkraftanlagen u. mehrjähriger Erfahrung im Offert- und Korrespondenzwesen führend. Firmen, sucht sich baldigst zu verändern. Angebote unt. P. 533 an den Verlag dies. Zeitschr. (c. 2074)

Diplom-Ingenieur

24½ J., vertr. mit den Grundl. des mod. allgem. Maschinenbaues, guter Zeichner, sicherer Rechner, beschlagen in Mechanik, Festigkeitslehre und Thermodynamik, **befähigt für schwierige, theoret. Untersuchungen u. Berechnungen,** sucht Stellung, womögl. im Flugzeug-, Automobil- oder Ölmotorenbau. Angebote unter C. 490 an den Verl. dieser Zeitschrift. (c. 2065)

Regierungsbaumstr.a.D
Mitte 30, schriftstell. veranl., sucht geeigneten Posten im Werbewesen. Spezialgebiet Eisenbahnmaschinen, Dampfkessel, Wasserversorgung. Beste Referenz. zur Verfügung. Offerten unter H. 526 an den Verlag dieser Zeitschrift. (c. 2071)

Maschinen-Ingenieur

42 Jahre, mit Hoch- und Fachschulbildung und langjähr. erfolgreicher Praxis Maschinisten-Patent, sucht auf beste Zeugnisse u. erste Referenz **a. Schiffswerft od. Reederei** während der großen Ferien Aushilfs-Stellung. Offerten unter W. 539 a. d. Verlag d. Zeitschr. [c.2077]

Masch.-Ing.

23 Jahre, Absolv. 3 J. Polytech. Erfahr. in Autobau u. Elektroanlag., russ. Sprachkenntn., sucht Anfangsstellung (evtl. oh. Gehalt). mögl. in oder Nähe Berlins.
Offerten u. L. K. 616 an **Rudolf Mosse, Berlin SW 19.** (03101)

Kaufm. Direktor

z. Zt. Vorstand und Leiter einer Aktiengesellschaft, Eisenwerk a. Rhein, verb. mit Fittingsfabrikation u. a. auch tätig gewesen i. d. Gummi- u. Automobil-Industrie, s. sich baldigst zu veränd. Große Erfahr. i. Verwalt.-, Finanz-, Bank- u. Verkaufswesen sowie neuzeitig. Betriebsorgan. betr. automat. Reduzierung aller Betriebs-Unkost. Erste Referenzen u. Zeugn. Zuschrift. erb. u. O. 466 an d. Verlag d. Ztschr. (03046)

Dipl.-Ing.

3 Jahre Büropraxis im Waggon- und Maschinenbau, selbständiger, fleißiger Arbeiter, gute Zeugn. u. Ref., sucht sich zu verändern.
Angebote u. W. 517 an den Verlag dieser Zeitschrift. (03097)

Dipl.-Ing., 30 Jahre, verheiratet,

1. Fachmann

der

Rüben- u. Rohr-Zucker-Industrie

mit reichen Erfahrungen in Konstruktion und üblichen Arbeitsverfahren, unter besonderer Berücksichtigung modernster Wärmewirtschaft, völlig sicher im Entwurf und Berechnung, sucht sich zu verändern in 1. Konstruktionsstellung.
Angebote unter T. 536 an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten. (03119)

Dipl.-Ing., Verwaltungsingenieur, 40 Jahre, zurzeit

selbständiger Werkleiter,

allgem. Maschinenbau, ungekündigt, langj. Abteilungsvorstand, erfahren in Büro, Betrieb und Reise, erprobter, **zielbewußter Organisator,** vertraut mit neuzeitlichen Arbeitsmethoden, Normalisierung, Zeitstudien, Reihenfertigung usw., anpassungsfähig, gewandt im Umgang mit Meistern und Arbeitern, **sucht** anderweitig

leitende Stellung

Angebote unter U. 537 an den Verlag dieser Zeitschrift. (03120)

Werkzeugmaschinen- u. Spezialmaschinenbau

Direktor, mehrjähriges Vorstandsmitglied einer Werkzeugmaschinenfabrik A.-G., erstklassiger Konstrukteur, zielbewußter Fabrikleiter und gewandter Verkäufer mit nachweislich besten Erfolgen und Beziehungen, sucht sich baldmöglichst zu verändern.
Angebote unter F. 524 an den Verlag dieser Zeitschrift. (03113)

Betriebs-Ingenieur

29 J., verh., Büro und Betriebspraxis im Allge. Maschb. Erfahrung in Einzel- und Serienfabrikation, Kalkulation, Vorrichtungsbau, Arbeitsverteilung u. höchstmögl. Ausnutzung der Masch. und Werkzeuge, zielbewußt und energisch, wünscht sich zu verändern. Angeb. unt. N. 509 an den Verlag dieser Zeitschrift. (c 2069)

Maschinen-Ingenieur

mit 3jähriger Werkstatt- u. 2jähr. Büropraxis, Abs. d. Techn. Mittweida, sucht

Anfangsstellung

für Betrieb od. Büro, möglichst in Flugzeug- oder Autobau in Mitteldeutschland.
Angebote erbet. unt. S. 469 an den Verlag dies. Zeitschr. (c. 2062)

Ingenieur

27 J., in ungekündigter Stellung als Montage- und Aquisitionsingenieur, 6 Jahre Werkstattpraxis im allgem. Maschinen- und Automobilbau, Kenntnisse im elektr. Betrieb und Montage, sucht Stellung als Betriebsing. oder dergl. Zeugnisse als Masch.- und Automobil-Ing. nach 5 Semestern Ing.-Schule.
Angebote unt. S. 535 an den Verlag dieser Zeitschrift. (c. 2076)

Ingenieur, auch kaufm. gebildet, langjähriger, selbständiger

Leiter einer Metallwarenfabrik

perfekt in Verkauf, Einkauf, Korrespondenz (auch Englisch), sucht entspr. Stellung als

Fabrikleiter, Einkaufschef, Verkaufsdirektor

oder ähnl. Umfassende praktische Kenntnisse, spez. in Stanzerei, Zieherei, Schweißerei. Fachmann i. allgem. Metallwarenfabrikation, Radio- und Schwachstromtechnik, Automobilbau (Fahrschein 3B).
Offerten unter R. 534 an den Verlag dieser Zeitschrift. (c. 2075)

Apparate- und Kesselbau Wärmewirtschaft

Ing., Mitte 30, ledig, Spezialist auf obigen Gebieten (Kessel, Verdampfer, Überhitzer, Vorwärmer, Dampffässer, chemische Apparaturen), Abdampfverwertung, selbst. Offert- u. Wärme-Ing., firm in Kalkulation und Konstruktion, langjähr. prakt. Erf., geschäftsgewandt, sucht sich gelegentl. in selbst. Stelle als Offert-Ing., Abt.-Leiter, Übernahme eines Filialbüros, Leitung kleiner Kesselschmiede usw. zu verändern.
Angebote unter V. 538 an den Verlag dieser Zeitschrift. (03121)

Ober-Ingenieur und Betriebsleiter

akad. geb., 39 Jahre, verheiratet, Leiter mittlerer Maschinenfabrik mit Eisen- und Metallgießerei, firm in neuzeitlicher Massen- und Serienfabrikation, Lohn- u. Akkordwesen, Organisation, Tarifverhandlungen, Arbeiterfragen, Betriebsüberwachung, ungekündigt, sucht sich per Gelegenheit in leitende Position wegen ungünstige Wohnungsverhältnisse zu verändern. Bevorzugt Mitteldeutschland. Suchender ist anerkannt erste Kraft, zielbewußt, arbeitsfreudig, energisch und stehen erste Referenzen zur Verfügung. Angebote unter R 512 an den Verlag dieser Zeitschrift. [03096]

Maschinen-Ing., Absolvent höherer Maschinenbauschule, mit langjähriger Betriebs- und Montagepraxis, Erfahrungen in Konstruktion und Betrieb von sämtlichen Werkzeugmaschinen, Fasson- und Schraubenautomaten, Holzbearbeitungsmaschinen, Drahtheft-, Fadenheft- und Bogenfalzmaschinen; Kenntnisse in moderner Fabrikation, Austausch-, Lehren- u. Vorrichtungsbau, Arbeitsvorbereitung, Akkord- und Stücklohn, sucht Vertrauensstellung als

Betriebsleiter oder Betriebsdirektor

Suchender ist arbeitsfreudig, energisch und gewandt im Verkehr mit Angestellten und Arbeitern. Vorzügliche Zeugnisse, erste Referenzen.
Angebote erbeten unter O. 532 an den Verlag dieser Zeitschrift. (c. 2073)

VDI STELLENANGEBOTE VDI

Für große Möbelfabrik in der Nähe Dresdens ein erstklassiger, erfahrener

Betriebsingenieur

gesucht. Ausführliche Angebote mit näheren Angaben über die bisherige Tätigkeit, Gehaltsansprüche und Beifügung eines Lichtbilds unter N. 531 an den Verlag dieser Zeitschrift. (03116)

Junger Ingenieur

zur zeichnerischen Ausarbeitung eines maschinellen Versuches f. einige Monate gesucht. Angebote mit Ansprüchen an den Verlag dar. Zeitschr. unter H. 504. (03085)

Bedeutende Großfirma sucht zu baldigem Eintritt einen erfahrenen, selbständigen

Konstrukteur für Dampfkesselbau.

Es wollen sich nur Herren melden, die über gediegene theoretische Kenntnisse in der Wärmetechnik verfügen und eine mindestens 5- bis 6-jährige Konstruktionspraxis im Wasserrohrkesselbau bei ersten Firmen nachweisen können.
Angebote mit Zeugnisabschriften, Lichtbild, mit Gehaltsansprüchen, kurzem Lebenslauf und Angabe des frühesten Eintritts erb. unter N. 465 an den Verlag ds. Zeitschr. (03045)

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Der Stellen-Eildienst ist anerkannt **das einzige Organ, welches für Ingenieure** jeder Fachrichtung **alle Stellenangebote** für das In- u. Ausland welche in den wichtigsten Tages- und Fachzeitungen erscheinen

2mal wöchentl. veröffentlicht.

Herausgeber:
Zentralstellennachweis für naturwissenschaftlich-technische Akademiker, Abteilung Berlin.
Zu beziehen gegen Voreinsendung der Gebühren durch:
Oberingenieur C. Bungart, Berlin NW 87, Tile-Wardenbergstr. 27
Postscheckkonto Berlin 81096.

Bezugspreis M 10.— monatlich, Vorzugspreis für VDI-Mitglieder herabgesetzt auf monatlich M. 7.—

Feinmechanischer Großbetrieb im Schwarzwald sucht

BETRIEBSLEITER

dem der gesamte Maschinenpark unterstellt werden soll. Es werden hauptsächlich verwandt Stanzen, Pressen und kleine Automaten. Der umfangreiche Maschinenpark von einigen 1000 Maschinen muß von dem betr. Herrn instand gehalten werden. Es wollen sich nur Herren melden, die auf diesem Gebiet reiche Erfahrung haben, insbesondere im Bau von kleinen Werkzeugmaschinen und Vorrichtungen für feinmechanische Massenfabrikation Kenntnisse besitzen. Beherrschung des modernen Austauschbaus Bedingung. Ferner sind einige Erfahrungen im Betrieb und Anlage von Wärmezentralen und elektrischen Anlagen erwünscht.

Nur energische und gründliche Persönlichkeiten, die in der Lage sind, fabrikationstechnische Verbesserungen auszuarbeiten und durchzuführen, wollen Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Lichtbild senden unter **Nr. 2299/E. 523** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03110)

Zerkleinerungsbau.

Gesucht wird ein (02861)

Ober-Ingenieur

für den Bau und Vertrieb von neuzeitlichen Zerkleinerungsmaschinen für Kalk, Zement, Kohlen, Erze usw.

Nur bestempfohlene Herren mit erfolgreicher Tätigkeit auf obigem Gebiet wollen ausführliche Bewerbungen richten an die

Maschinenbau A.-G. Elsaß, Bochum.

Mitteldeutsche Maschinenfabrik sucht für ihre langjährige Spezialität

Klein-Dampfturbinen

einen auf diesem Gebiet bestens erfahrenen

1. Konstrukteur

in selbständige und aussichtsreiche Stellung. Den Bewerbungen müssen lückenlose Zeugnisabschriften, Lichtbild, Angaben über Gehaltsansprüche und Eintrittstermin beigefügt sein.

Zu richten unter **Z. 518** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03098)

Bedeutende **Zentrifugalpumpenfabrik** Mitteldeutschlands sucht für sofort

jüngere

Spezial-Ingenieure

für Offertwesen und Außendienst. Es werden nur Bewerber mit nachweislich längerer Praxis im Zentrifugalpumpenbau berücksichtigt.

Ausführliche Bewerbungen mit Zeugnisabschriften und Lichtbild sowie Angabe bisheriger Tätigkeit und der Gehaltsansprüche sind zu richten unter **L. 513** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03096)

Für unsere, in Mitteldeutschland gelegene Armaturenfabrik verbunden mit Eisen- und Metallgießerei, in welcher Armaturen und Apparate für moderne Dampfanlagen hergestellt werden, suchen wir einen

Betriebsleiter

mit guten Fabrikationserfahrungen. Derselbe muß zielbewußt, energisch und umsichtig sein.

Werkswohnung evtl. vorhanden.

Angebote mit Zeugnisabschriften, Gehaltsforderung erbeten an

Schumann & Co

Leipzig-Plagwitz. (03106)

Oberingenieur

für

Zentrifugal-Pumpen

zum sofortigen oder späteren Eintritt gesucht.

Herren, welche erstklassige Konstrukteure sind und schon in leitenden Stellungen tätig waren, werden gebeten, Angebote mit Zeugnisabschriften, Lichtbild und Angabe der Gehaltsansprüche einzureichen unt. **A. 519** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03099)

Für unsere Abteilung (03057)

Mechan. Pressenbau

suchen wir für sofort tüchtige Konstrukteure.
Waggon- u. Maschinenbau-A.-G. Görlitz
Abt. Cottbus.

Große Lokomotivfabrik in der Nähe Berlins sucht für ihre Normenabteilung einen

erfahrenen Konstrukteur

für die selbständige Prüfung der Werkstattzeichnungen in bezug auf Vereinheitlichung, sachgemäße Bearbeitung der Teile sowie Eintragung der Passungen für lehrenhaltige Herstellung.

Herren, welche über ausreichende betriebstechnische Erfahrung für die sachgemäße Ausübung dieser Tätigkeit verfügen, werden gebeten, Angebote mit Zeugnisabschriften und Lichtbild unter Schilderung des bisherigen Entwicklungsganges sowie Angabe der Gehaltsansprüche und des frühesten Eintrittstermines an den Verlag dieser Zeitschrift unter **C. 521** zu senden. (03104)

Unternehmen von Weltruf sucht zum baldigen Eintritt

Konstrukteure

in Dauerstellung. Erfahrungen auf Grund einer langen Praxis womöglich im Eisen- oder Leichtmetallbau sind unerläßliche Voraussetzungen. Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild und Angaben der Gehaltsansprüche, sowie frühesten Eintrittstermins erbeten an den Verlag dieser Zeitschrift unter **D. 522.** [03109]

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Kälteingenieur
sofort gesucht.

Einem tüchtigen, mit Ammoniak- und Kohlensäureverfahren völlig vertrauten Ingenieur für Eis- und Kühlanlagen, der Projekt, Propaganda und Ausführung beherrscht, bietet sich aussichtsreiche Dauerstellung. (03088)

Schriftliche Angebote mit Zeugnisabschriften, Bildungsgang, Gehaltsforderung und Antrittstermin sofort an

Gebrüder Weissbach, Chemnitz.

Gesucht wird zum baldigen Eintritt ein tüchtiger (03061)

KONSTRUKTEUR

mit Erfahrungen in Konstruktion und Inbetriebsetzung von

Gaserzeugeranlagen

Angebote unter **V. 472** an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten.

Bekannte große mitteldeutsche Lastkraftwagenfabrik

sucht für ihre Abteilung Motoren-Getriebe- und Hinterachsenbau (02846)

erfahrenen

Betriebs-Ingenieur

Herren mit langjährig. Tätigkeit in großen Automobilfabriken belieben ausführliche Bewerbung zu richten an **Rudolf Mosse, Leipzig, unter L. A. 9521.**

Für das technische Büro einer größeren Maschinenfabrik in Westfalen wird ein erfahrener, zielbewußter (03066)

Bürovorsteher

nicht unter 35 Jahre alt, gesucht. Herren mit nachweislich erfolgreicher Tätigkeit in modernen Werkzeugmaschinenfabriken werden gebeten, handgeschriebene Bewerbungen mit Bild, Lebenslauf, Gehaltsansprüchen, Angaben über frühesten Eintrittstermin und Referenzen unter **R. 490** an den Verlag dieser Zeitschrift einzureichen.

Gute Wohnung wird in Aussicht gestellt.

Selbständiger

INGENIEUR

für die Indizierung von Dampfmaschinen und Untersuchung von Dampfkessel- und Maschinen-Anlagen sofort gesucht.

Angebote mit Bildungsgang, Zeugnisabschriften u. Gehaltsansprüchen unter **Z. 496** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03078)

Hydrauliker

tüchtiger Fachmann, als erster Konstrukteur für eine große rheinische Maschinenfabrik zum baldigen Eintritt gesucht.

Bewerber müssen bereits ähnliche Stellung bekleidet haben und in der Lage sein, den Leiter des Büros zu vertreten. (02986)

Ausführliche Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Angabe von Referenzen, Gehaltsansprüchen und des frühesten Eintrittstermines sind zu richten unter **Df. 686** an **Ala-Haasenstein & Vogler, Düsseldorf, Hansahaus.**

Für die Leitung unserer Abteilung Hilfsmaschinen für Hütten- und Walzwerke, Schiffswerften sowie Adjustagemaschinen suchen wir einen im Verkehr mit der Kundschaft gewandten

Oberingenieur

Sprachkenntnisse erwünscht. Nur erste Kraft mit langjährigen Erfahrungen auf diesem Sondergebiet kommt in Frage. Angebote mit ausführlichem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild sowie Angabe der Gehaltsansprüche erbeten an den Verlag dieser Zeitschrift unter **E. 369** [02968]

Für unser Fabrikationsbüro

suchen wir zu möglichst sofortigem Eintritt einen

jüngeren Konstrukteur

der in der Lage ist, nach kurzen Angaben Vorrichtungen und Werkzeuge zu entwerfen.

Es wollen sich nur Herren bewerben, die schon längere Zeit bei guten Firmen in derselben Eigenschaft tätig waren.

Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen und frühestem Eintrittstermin an [03069]

Waggon- und Maschinenbau-Akt.-Ges. Görlitz, Abt. Maschinenbau Görlitz.

Große Handelsgießerei Norddeutschlands sucht zu baldigem Antritt

jüngeren Ingenieur
Spezialist im
Pumpenbau

besonders einfachste Handhauswasser- und Zentrifugalpumpen in Serienfabrikation, der bereits mehrjährige Praxis aufzuweisen hat.

Nur Herren, die sich befähigt halten, diesen Artikel von Grund auf neu aufzubauen, wollen ausf. Bewerbg. mit allen Angaben, Zeugnisabschr., Gehaltsansprüchen, Lichtbild usw. unter *J. 505* an den Verlag dieser Zeitschrift einreichen. (03088)

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Für das **Konstruktionsbüro** einer Maschinenfabrik u. Eisengießerei im unbesetzten Westdeutschland wird zum baldigen Eintritt zuverlässiger und fleißiger

INGENIEUR

gesucht, der über mehrjährige Konstruktionserfahrungen im allgem. Maschinenbau verfügen muß. Unverheiratete Herren, nicht über 30 Jahre, wollen ausführl. Bewerb. unter Beifüg. v. Lichtbild, Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen senden an **J. 461** an den Verlag d. Zeitschr. (03095)

Wir suchen einen

Oberingenieur

mit reichen Erfahrungen im Verwaltungswesen, Organisation und Betriebswirtschaft f. unsere Redenhütte, die sich mit der Herstellung von Eisenkonstruktionen aller Art, Apparate- und Behälterbau für die Chemische und Kohlen-Industrie sowie mit Anfertigung von Blankmaterial, Gußwaren, Schrauben und Nieten befaßt. Wohnung vorhanden. Bewerbungen mit Lebenslauf, Gehaltsansprüchen, Zeugnisabschriften, Lichtbild und Referenzen unter Bekanntgabe des frühesten Eintrittstermins erbeten an die (03067)

Betriebsdirektion der Oberschlesischen Kokswerke & Chemischen Fabriken Aktien-Gesellschaft, Hindenburg O. S.

Dringende Bitte an die

Stellen ausschreibenden Firmen!

Die bei uns einlaufenden Klagen der Stellensuchenden, daß ihre Bewerbungsunterlagen gar nicht oder erst nach Monaten zurückgesandt werden, mehren sich ständig. Die Not der stellensuchenden Fachgenossen veranlaßt uns, die ausschreibenden Stellen dringend um Beachtung folgender Punkte zu bitten:

1. Präzisieren Sie
Ihre Anzeige stets genau, so daß sich nur die dafür Infragekommenden bewerben können.

2. Prüfen Sie
das eingehende Bewerbungsmaterial so bald als möglich.

3. Senden Sie
die Unterlagen, wie Zeugnisabschriften, Photographien usw., möglichst sofort an die Nichtberücksichtigten zurück.

4. Halten Sie darauf,
daß die Bewerbungsunterlagen in einem Zustande zurückgelangen, der ihre weitere Verwendung zuläßt. Sie ersparen dadurch den Einsendern die Kosten für Neuanschaffungen.

VDI-Verlag G. m. b. H.
Berlin SW 19, Beuthstr. 7

Steinkohlenaufbereitung.

Zur Unterstützung des technischen Direktors **suchen** wir eine erste Kraft als

Oberingenieur

für den Bau von Steinkohlenaufbereitungsanlagen. In Frage kommen nur repräsentative Herren mit langjährigen Erfahrungen und eingehenden Fachkenntnissen. (02856)

Ausführliche Angebote mit Angabe von Referenzen werden erbeten an die

Maschinenbau A.-G. Elsaß,
Bochum.

Ingenieur

oder Techniker von großem Röhrenwerk für die Vorkalkulation (Rohrschlangen, Leitungen usw.) gesucht. Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen unter „Df. 714" an **Ala-Haasenstein & Vogler, Düsseldorf, Hansahaus.** (03079)

Führende Waggonfabrik

sucht erfahrene, selbständge Konstrukteure zur Ausarbeitung von Projekten zu möglichst baldigem Eintritt.

Nur

Fachingenieure

wollen ausführliche Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Gehaltsansprüchen und Angabe des frühesten Eintrittstermins einreichen unter Kennwort **„Fachingenieur" S. 447** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03017)

Größere rheinische Werkzeugmaschinenfabrik sucht für ihr Technisches Büro mehrere tüchtige, im Werkzeugmaschinenbau erfahrene

Konstrukteure

Angebote mit Gehaltsansprüchen, Refer. und Zeugnisabschriften erbeten unter **Z. 406** an den Verlag dieser Zeitschrift. (02978)

Transport-Anlagen

Zum sofortigen Eintritt wird gesucht (03049)

Ingenieur

f. Entwurf u. konstruktive Entwicklung moderner Nahfördermittel (Rollbahnen, Hängebahnen, Plattenbänder) in Werkstätten, der Erfahrung auf dies. Gebiete nachweisen kann u. Verständnis f. Werkstätteneinrichtung hat.

Off. m. Lebensl., Zeugn.-Abschr., Ref. u. Geh.-Anspr. erb. unt. **R. 468** a. den Verlag dieser Zeitschrift.

Betriebs-Ingenieur

als Assistent des Betriebsleiters, mit sehr guten Erfahrungen in der Fabrikation für allgemeinen Maschinenbau, Schwarzblecharbeiten usw. zum baldmöglichsten Antritt gesucht.

Ausführliche Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Lichtbild unter **L. 441** an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten. (03004)

Für das

Dampfturbinen-Prüffeld

eines Großunternehmens in Mitteldeutschland wird ein energischer, theoretisch und praktisch erstklassiger

Leiter

gesucht. (03056)

Nur Herren, die diesen Bedingungen entsprechen und zu fortschrittl. Entwicklungsarbeit befähigt sind, wollen gefl. Angebote mit Lichtbild, Lebenslauf und Gehaltsansprüchen einreichen unter **B. 476** an den Verlag dieser Zeitschrift.

Groß-Berliner Eisenhoch- und Brückenbau-Anstalt sucht möglichst sofort mehrere

Statiker als Projekteure

die in der Lage sind, auch größte Bauwerke vollkommen selbständig und konkurrenzfähig zu bearbeiten. Angebote mit Lebenslauf, Gehaltsansprüchen und frühestem Eintrittstermin erbeten unter **V. 428** an den Verlag dieser Zeitschrift. (02995)

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Für unsere Abteilung

Kranbau

suchen wir einen tüchtigen (03048)

Konstrukteur

mit guter theoretischer Vorbildung und mindestens 4 jähriger Büropraxis bei ersten Kranbaufirmen. Es können nur ledige Herren in Betracht kommen.
Schriftliche Angebote mit Lebenslauf u. Gehaltsansprüchen erbeten an die

Kalker Maschinenfabrik A.-G. Köln-Kalk.

Patentbüro eines industriellen Werkes in Berlin sucht zum sofortigen Eintritt einen

Maschineningenieur

mit einiger Erfahrung im

Patentwesen

insbesondere **in der Anfertigung von Patentzeichnungen.**
Geeignete Bewerber werden ersucht, ausführliche Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen, Empfehlungen sowie Angabe des frühesten Eintrittstermins einzureichen unter **J. U. 7502 an Rudolf Mosse, Berlin SW. 19.** (03014)

Norddeutsches Werk der Kessel- und Apparateindustrie sucht möglichst zum sofortigen Eintritt (03052)

ersten Konstrukteur

für Apparatebau (Druckgefäße und Behälter), der geeignet ist, die Leitung der Abteilung Apparatebau zu übernehmen.
Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen und Angabe des frühesten Eintrittstermins erbeten unter **U. 471** an den Verlag dieser Zeitschrift.

Dampfkessel- und Apparatebau

Ingenieur als **Leiter** des techn. Büros von süddeutscher Dampfkesselfabrik gesucht.
Es kommen nur Bewerber in Betracht, die im Dampfkessel- u. Apparatebau für chem. Industrie u. verwandte Zweige, sowie in leichten und schweren Blecharbeiten über gründl. prakt. u. theoretische Kenntnisse verfügen. Gewandt im Verkehr mit der Kundschaft und Behörden sowie in Geschäftsabschlüssen.
Die Stellung ist bei guten Leistungen dauernd, und wollen sich nur erste Kräfte mit Hochschulbildung melden. Gefl. Off. u. Ang. d. Gehaltsanspr., Wohnungsverhältnisse, Zeugnisabschr. usw. u. Zeit d. Eintritts unter **T. 478** an den Verag dieser Zeitschrift. (03051)

Gesucht wird zu möglichst baldigem Antritt für Betrieb und technisches Büro einer großen Fabrik für Gasmesser u. Apparate zur Gasfabrikation

erfahrener Diplom-Ingenieur

im Alter zwischen 30—40, energisch, an selbständiges Arbeiten gewöhnt, mit erstklassigen Zeugnissen. Bevorzugt werden Bewerber, die im Gasfach bereits tätig waren. Gefl. Angebote unt. **H. 460** an den Verlag d. Ztschr. (03032)

Großes Braunkohlenunternehmen sucht zum Antritt am **1. Oktober d. J.** für das maschinentechnische Büro seiner Verwaltung einen

selbständigen Konstrukteur

welcher mit allen im Braunkohlenbergbau und in Brikettfabriken vorhandenen Maschinen und Einrichtungen bestens vertraut ist.
Ausführlich gehaltene Bewerbungsschreiben mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften sowie Lichtbild und Referenzen erbeten unter **E. 4060** an **Annoncen-Exped. Kolonialkriegerdank, Berlin W. 35.** (03080)

OBERINGENIEUR

für leitende Stellung, zielbewußt und energisch, für erste Kupfer-, Aluminium- und Kesselschmiede, Maschinenfabrik und Apparatebauanstalt Norddeutschlands gesucht. Es wird nur auf allererste Kraft, die über reiche Erfahrungen auf diesem Gebiete verfügt und in der Lage ist, den Betrieb von 60 Leuten, der bedeutend vergrößert werden soll, zu organisieren und zu leiten. (03050)
Ältere, routinierte Herren werden bevorzugt.
Die Stellung kann am 1. August, evtl. früher angetreten werden.
Bewerbungen mit Lebenslauf, Bild, Zeugnisabschriften, Referenzen und Gehaltsansprüchen unter Postlagerkarte Nr. 43, Postamt Berlin NW 52, erbeten.

Lokomobilenbau.

Sehr große ausländische Firma, die den Bau moderner Industrielokomobilen in Zukunft betreiben will, sucht **erstklassigen**

KONSTRUKTEUR

zur Einführung dieser Spezialität.
Gefl. ganz ausführliche Angebote an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten unt. **G. 503.** (03086)

Maschinen-zeichner

mit Kenntnissen der Einzelanlagen für Braunkohlenaufbereitung, -förderung und brikettierung zum sofortigen Antritt gesucht. (03029)
Ausführliche Bewerbungen von Kräften, die an sauberes und zuverlässiges Arbeiten gewöhnt sind, leichtes Auffassungsvermögen besitzen, unter Kennwort „KWM" mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen und Angabe des frühesten Antrittszeitpunktes erbeten an

Aktiengesellschaft Sächsische Werke, Dresden-A. 24, Bismarckplatz 2.

Personalvermittlung
Verein techn. Beamten e.V.
vorm. Techn. Hilfsverein
Berlin NW, Turmstr. 76

Alte Spezialfabrik der

Ventilationsbranche

sucht selbständigen Fach-Ingenieur zur Bearbeitung, Projektierung und Ausführung von Ventilations-, Heizungs-, Trocken-, Spänetransport-, Entstaubungsanlagen etc. Nur solche Bewerber können berücksichtigt werden, die lange Jahre nachweislich im Fach tätig und an selbständiges arbeiten gewöhnt sind.
Ausführliche Bewerbungsschreiben erbeten unter **K. 509** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03090)

Durchaus

selbständiger KONSTRUKTEUR

mit langjährigen Erfahrungen im Bau von

Nietmaschinen

zum baldigen Eintritt gesucht. Ausführlich gehaltene Bewerbungen unter Beifügung von Zeugnissen und Angabe der Gehaltsansprüche sind unter **Z. 430** an den Verlag dieser Zeitschrift einzureichen. (02998)

Für die Offert-Abteilung einer großen Kesselfabrik Norddeutschlands werden zu schnellstem Eintritt gesucht:

Kalkulatoren

für **Großwasserraumkessel- und Apparatebau,** für den **Steilrohrkesselbau** und (jüngere Herren) für **Ersatz- und Zubehörteile,** ferner:

gewandte Projekteure

für Steilrohrkesselanlagen.

Nur solche Herren, die längere Tätigkeit auf dem einen oder anderen der in Frage kommenden Gebiete nachweisen können und über gute Zeugnisse verfügen, wollen sich unter Angabe ihrer Gehaltsansprüche, des frühesten Eintritts usw. melden unter **O. 477** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03055)

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Größeres Werk der Metallindustrie für Präzisionsmechanik sucht

jüngeren

Diplom-Ingenieur

als Betriebsassistenten zur Unterstützung des Betriebsleiters in der Leitung der Werkstätten.

Angebote unter Beifügung von Lebenslauf, Lichtbild und Angabe der Gehaltsansprüche sowie des frühesten Eintrittstermins unter K. 440 an den Verlag dieser Zeitschrift. (03003)

Für die technische Leitung eines gut eingeführten Preß- und Ziehwerkes wird ein erfahrener, tüchtiger, energischer

Betriebsleiter

gesucht, der mit modernen Fabrikationsmethoden durchaus vertraut ist. Es handelt sich um eine aussichtsreiche und sehr entwicklungsfähige Stellung.

Angebote mit Lebenslauf, Zeugnissen, Lichtbild und Angabe von Referenzen werden erbeten unter L. 375 an den Verlag dieser Zeitschrift. (02949)

Ingenieur

für die Fabrikation von elektrischen Schaltgeräten, mit guter Fachschulbildung, mehrjähriger Tätigkeit, selbständig oder als Assistent, auf gleichem Gebiete, vertraut mit den einschlägigen Arbeitsvorgängen und dem Akkordwesen, gesucht von großem Berliner Industriewerk. [02984]

Angebote nebst Zeugnisabschriften, Lebenslauf, Lichtbild und Gehaltsansprüchen erbeten unt. J. 417 an den Verlag dieser Zeitschrift.

Rohrleitungsbau.

Für ein größeres Konstruktionsbüro Fachingenieure mit guter theoretischer Ausbildung oder tüchtige

KONSTRUKTEURE

mit Erfahrung im allg. Maschinen- und Dampfkesselbau, außerdem ein fachkundiger (03027)

Betriebs-Ingenieur

gesucht, der in der Montage von Turbinenleitungen und dergl. Erfahrungen besitzt. Angebote mit Referenzen, Lebenslauf, Zeugnisabschr., Eintrittsdatum erbeten an d. Verlag d. Zeitschr. unter B. 454.

Chemische Industrie

Wir suchen

1 ersten Konstruktions-Oberingenieur

durchaus erfahren in Bau und Vertrieb von Apparaten für die chemische Großindustrie. Ausführliche Angebote werden erbeten an die (02858)

Maschinenbau A.-G. Elsaß, Bochum.

Wir suchen zu möglichst baldigem Eintritt

Physiker

und

Diplom-Ingenieure

für Laboratoriumsarbeiten auf dem Gebiet der Pupinkabel und des Verstärkerwesens. Bedingung: Gute theoretische und praktische Kenntnisse sowie Erfahrungen auf dem Gebiet der Fernmeldetechnik. Kennwort „Labka".

Ferner

Techniker

mit abgeschlossener Fachschulbildung und reichen praktischen Erfahrungen auf dem Gebiete der Fernmeldetechnik, besonders des Verstärkerwesens. Kennwort: „Zenlab".

Ausfürhliche Angebote m. Lebenslauf, Zeugnisabschriften u. Gehaltsansprüchen unter Angabe des jeweils in Frage kommenden Kennwortes erbeten an die (03087)

Angestellten-Vermittlungsstelle bei den Direktionen der Siemensfirmen Verwaltungsgebäude Berlin-Siemensstadt

---

Kaltwalzwerk

Modern eingerichtetes Kaltwalzwerk für Bandeisen und Bandstahl sucht tüchtigen, energischen und erfahrenen Meister, der imstande ist, einen größeren Betrieb initiativ zu leiten. — Schöne Wohnung wird beigestellt. — Es wollen sich nur Herren bewerben, die über eine langjährige Praxis als Meister in dieser Branche verfügen.

Ausführliche Angebote mit Lichtbild unter O. 486 an den Verlag dieser Zeitschrift.

Strengste Diskretion wird zugesichert. (02969)

Für den „Adac-Sport"

das wöchentlich zweimal in unserem Verlage erscheinende Organ des Allgemeinen Deutschen Automobil-Clubs, suchen wir zum möglichst baldigen Eintritt eine (03062)

gediegene erste Kraft als REDAKTEUR

die den technisch, sportlich und literarisch (stilistisch) an einen solchen Posten zu stellenden Anforderungen gewachsen ist, gegen hohes Gehalt. Übersiedelung nach München Beding. Bewerbungen erbitten wir umgehend.

Direktion des Münchener Druck- und Verlagshauses G. m. b. H., München 2 B.-Z.

Österreichische Maschinen- und Kesselfabrik sucht für ihre Abteilung Stabilkesselbau einen im Entwerfen und Kalkulieren von Schrägrohr- u. Steilrohrkessel erfahrenen

Konstrukteur

mit abgeschlossener Hochschulbildung. Mehrjährige Praxis und erste Referenzen Bedingung. Eintritt baldigst.

Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild u. Gehaltsansprüchen unter S. 381 an den Verlag dieser Zeitschrift. (02956)

Konstrukteur

für Schiffsmaschinenbau zu sofortigem Antritt gesucht. (03060)

Erforderlich ist die Fähigkeit, Schiffs-Dampfmaschinen bis zu den größten Abmessungen selbständig zu konstruieren, die Gesamtanordnung der maschinellen Einrichtung auf Schiffen zu treffen, Projekte aufzustellen usw.

Es wollen sich nur Bewerber melden, welche gründliche Erfahrungen besitzen und welche eine längere Tätigkeit auf diesem Gebiet nachweisen können. Angeb. unter W. 473 an den Verlag dieser Zeitschrift.

INGENIEUR

als Leiter der Abteilung Wasserrohr- und Sektionalkessel für das technische Bureau einer rheinischen Dampfkesselfabrik gesucht. Es wollen sich nur Herren melden mit gründlichen Fachkenntnissen und reichen Erfahrungen. (03037)

Ausführliche Angebote mit Zeugnisabschriften unter K. 482 an den Verlag dieser Zeitschr. erbet.

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Für unser technisches Büro „Abteilung Dampfmaschinen- und Pressenbau" suchen wir einen

jüngeren

Ingenieur

mit guten theoretischen Kenntnissen im Dampfmaschinenbau sowie mit guter Werkstatt- und Montagepraxis.

Bewerber wollen sich unter Beifügung ihres Lebenslaufes, Ausbildungsganges, Zeugnisabschriften sowie unter Angabe der Gehaltsansprüche und des Antrittstermins melden bei (03105)

Zeitzer Eisengießerei u. Maschinenbau-Actien-Gesellschaft zu Zeitz (Prov. Sachsen)

Wir suchen einen Ingenieur oder Techniker als (03069)

Kalkulator der Akkordsätze

für Bohrerei, Kleinschmiede und Schlosserei.

Angebote unter **Z. 474** an den Verlag dieser Zeitschrift.

Aluminium-Walzwerk

(Rheinland)

sucht

für die Leitung des Betriebes tüchtigen

BETRIEBSINGENIEUR

Geeignete Bewerber mit theorethischen und praktischen Erfahrungen, die durch Zeugnisse und Referenzen nachgewiesen werden können, werden gebeten, Angebote mit allen erforderlichen Unterlagen (Bildungsgang, Alter, Gehaltsansprüche, frühester Eintrittstermin) einzureichen unter **A. 497** an den Verlag dieser Zeitschrift. (C3076)

VDI VERTRETUNGEN VDI

Renommiertes Werk d. Verkehrsmittelbranche entsendet demnächst versierten Akquisiteur nach

Italien, Ägypten, Griechenland, Türkei, Balkanstaaten, Ungarn, Österreich, Tschechoslowakei

und ist bereit, durch diesen noch weitere Industrieinteressen vertreten zu lassen.

Gesuche unter **P. 401** an den Verlag dieser Zeitschrift. (02970)

Für den Vertrieb unserer fahrbaren Drehkrane mit kompressorlosem

Dieselmotor

suchen wir für das In- und Ausland mit der Branche vertraute, gut eingeführte

Vertreter

Meldungen erbeten an (3102)

Fürst Stolberg-Hütte Ilsenburg, Ilsenburg am Harz.

Ziv.-Ing., Inh. handelsgerichtl. eingetrag. Ing.-Büros, seit vielen Jahren im Zentrum von (03054)

Leipzig

4 Min. v. Hauptbahnhof, eingerichtetes Personal, sucht

Vertretungen

für Sachsen und Mitteldeutschland.

Angebote erbeten unter **D. 478** an den Verlag dieser Zeitschrift.

Diplom-Ingenieur mit besten Beziehungen zur Industrie, gut fundiert, tüchtiger Organisator, mit hervorragenden, 115 qm großen, erweiterungsfähigen Büroräumen in bester Lage des Zentrums von

Leipzig

(Ecke Markt und Peterssstr., 3 Fernsprechanschlüsse u. evtl. kleiner Laden in der Petersstraße zur Verfügung), sucht die

Filiale

eines erstklassigen renommierten Unternehmens der technischen Branche zu übernehmen. (Bevorzugt Elektrotechn. od. Bauing.-Branche.)

Angebote erbeten unter **W. 252** an den Verlag dieser Zeitschrift. (02819)

Vertreter gesucht!

bei Werken eingeführt für technisch. Konsum-artikel (eign. Fabrikat). **Georg Diemar & Co. Cassel.**

Ingenieurbüro Hamburg

prima Kundschaft bei Industrie, Werften, Reedereien und Elektrizitätswerken, sucht erstklassige Vertretung von Maschinenfabriken oder Kupferwerken. Erstklassige Referenzen. Zuschriften an den Verlag dieser Zeitschrift unter **G. 525.** (c. 2070)

Wir haben unsere General-Vertretungen für:

Württemberg
Hessen
Mitteldeutschland
Sachsen
Brandenburg
Mecklenburg
Pommern
Ost- und Westpreußen

zu vergeben.

[02954]

„Metallisator"
Meurer'sche Aktiengesellschaft für Spritzmetall-Veredelung
Berlin-Neukölln, Lahnstr. 80 (Oberhafen)

Telef.: Neukölln 4250/52 Telegr.: Metallatom-Berlin

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Dieser Nummer liegen Prospekte folgender Firmen bei: Kaiser & Schmidt, Berlin-Charlottenburg — Kohlenscheidungs-Gesellschaft, Berlin — R. Oldenburg, München — Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk Berlin-Siemensstadt — Verlag des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin — Waggon- und Maschinenbau A.-G., Görlitz.

VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Peter Valerius, Berlin NW 52
Druckpapier von Ernst A. Geese, Berlin SW 68. Druck von H. S. Hermann & Co., Berlin SW 19.